

Tartu Ülikool

PeremeditSiini ja rahvatervishoiu instituut

**LIIKLUSMÜRA TERVISEMÕJUDE HINDAMINE TARTU JA
TALLINNA LINNAS**

Magistritöö rahvatervishoius

Triin Veber

**Juhendaja: Hans Orru, MPH, PhD, Tartu Ülikooli peremeditSiini ja
rahvatervishoiu instituut, keskkonnatervishoiu dotsent**

Tartu 2020

Magistritöö tehti Tartu Ülikooli peremeditSiini ja rahvatervishoiu instituudis.

Tartu Ülikooli rahvatervishoiu magistritööde kaitsmiskomisjon otsustas 01.06.2020 lubada väitekirj terviseteaduse magistrikraadi kaitsmisele.

Retsensent: Taavi Lai, PhD, *Fourth View Consulting* OÜ, tervisevaldkonna juht

Kaitsmine: 09.06.2020

Sisukord

Magistritöö materjalide avaldamine	4
Kasutatud lühendid	5
Lühikokkuvõte.....	6
1. Sissejuhatus	7
2. Kirjanduse ülevaade	8
2.1 Müraga seotud mõisted ja müra mõõtmine.....	8
2.2 Müra tervisemõjud	10
2.2.1 Ülevaade liikluse müra tervisemõjudest	10
2.2.2 Ülevaade müra tervisemõjude hindamistest	17
2.2.3 Liikluse müra väliskulude hindamine	18
2.3 Müra tervisemõjude vähendamise meetmed.....	19
3. Eesmärgid	20
4. Materjal ja metoodika	21
4.1 Andmete kogumine.....	21
4.2 Müra tervisemõjude leidmine	22
4.3 Müra väliskulude arvutamine	25
5. Tulemused	27
5.1 Eksponeeritus ja risk tervisetulemite tekkeks erinevatel müratasemetel.....	27
5.2 Liikluse müraga seostatavad haigestumised, suremus, suure häirituse ja märkimisväärselt häiritud une esinemine	28
5.3 Liikluse müra haiguskoormus	30
5.4 Liikluse müra väliskulud	30
6. Arutelu	32
7. Järeldused	39
8. Kasutatud kirjandus	40
Summary.....	46
Tänuavaldus.....	48
<i>Curriculum vitae</i>	49
Lisad	50
Lisa 1. Strateegilised mürakaardid	50

Magistritöö materjalide avaldamine

Magistritöö tulemustel põhineb suuline ettekanne:

Veber T, Tamm T, Ründva M, Kriit H, Orru H. *Health impacts related to noise in two major Estonian cities. 13th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (14.–17.06.2021).

Kasutatud lühendid

DALY – tervisekaoga eluaasta (ingl *disability-adjusted life year*)

DW – haiguskaal (ingl *disability weight*)

EL – Euroopa Liit

GRADE – soovitude määramise, hindamise ja koostamise liigitus-süsteem, *GRADE*-meetod (ingl *grading of recommendations assessment, development and evaluation system*)

IHD – südame isheemiatõbi (ingl *ischemic heart disease*)

IHME – *Institute for Health Metrics and Evaluation*

L_d – päevane müra

L_{day} – päevamüraindikaator

L_{den} – päeva-õhtu-öömüraindikaator

L_{evening} – õhtumüraindikaator

L_{pA,eq,T} – ekvivalentne helirõhutase, mis iseloomustab muutuva tasemega müra ajavahemikul *T* kasutades *A*-korrektsiooni

L_{pA,max} – etteantud ajavahemikus mõõdetud helirõhutaseme maksimaalne väärtus kasutades *A*-korrektsiooni

L_n – öine müra

OR – šansside suhe (ingl *odds ratio*)

SKP – sisemajanduse koguprodukt

VOLY – tervena elatud eluaasta rahaline väärtus (ingl *the monetary value of a life year*)

WHO – Maailma Terviseorganisatsioon (ingl *World Health Organization*)

WTP – maksevalmidus (ingl *willingness to pay*)

YLD – tervisekao tõttu kaotatud eluaastad (ingl *years lost due to disability*)

YLL – kaotatud eluaastad (ingl *years of life lost*)

Lühikokkuvõte

Liikluskoormus linnades kasvab ning samal ajal toimub ka linnastumise protsess. Seetõttu on üha enam inimesi maailmas eksponeeritud kasvavale liiklusriskile. Epidemioloogilised uuringud on näidanud, et eksponeeritus kõrgetele keskkonnamüra tasemetele suurendab mitmete haiguste levimust, esmahaigestumust ja suremust ning mõjutab ka inimeste heaolu ning töövõimet. Seega pole liiklusrisk mitte ainult keskkonnaprobleem, vaid järjest suurenev oht rahva tervisele.

Magistritöö eesmärk oli hinnata liiklusrisk (autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse müra) poolt tekitatud tervisemõjud Tartu ja Tallinna linnas. Liiklusrisk tervisemõjude hindamine teostati järgmistele terviseväljunditele: suremus südame isheemiatõppe, esmahaigestumus südame isheemiatõppe, suur häiritus ja märkimisväärselt häiritud uni. Töö põhines Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 kirjeldatud tervisemõjude hindamise metoodikal. Hindamises kasutati välisõhu strateegilise riskikaardistamise andmeid, TAI andmebaasi suremuse ja haigestumise andmeid ning Statistikaameti andmeid elanike arvu kohta.

Töö tulemusena ilmnis, et autoliiklusest põhjustatuna lisandub Tartus ja Tallinnas kokku 28 surmajuhtu ja 146 esmahaigestumise juhtu südame isheemiatõppe aastas. Liiklusriskist põhjustatud suur häiritus esineb 9,7% Tartu ja 12,0% Tallinna elanikul. Liiklusriskist põhjustatud märkimisväärselt häiritud uni esineb 2,6% Tartu ja 2,5% Tallinna elanikul. Tartus on riskist põhjustatud haiguskoormus 409 ja Tallinnas 1987 *DALY* aastas. Peamise osa haiguskoormusest moodustavad häiritus ja unehäired, mis on põhjustatud autoliikluse riskist.

Negatiivsete tervisemõjudega on seotud ka olulised väliskulud ühiskonnale. Tartus ja Tallinnas on liiklusriskist põhjustatud väliskulu kokku 95,8 miljonit eurot aastas, mis moodustab 0,3% *SKP*-st. Aastatel 2015–2034 on liiklusriskist väliskulud kokku 1,42 miljardit eurot, millest põhiline osa tekib Tallinnas autoliikluse tõttu.

Et vähendada eksponeeritust liiklusriskile ja sellest tulenevaid tervisemõjusid tuleks pöörata põhitähelepanu autoliikluse riski vähendamisele. Käesolev töö keskendus eeskätt südame isheemiatõvele, ent uuemate uuringute valguses suurendab liiklusrisk ka diabeedi ja teiste haiguste riski. Kuna nende tervisetulemite kohta pole praeguseks veel piisavalt tõendatud annus-vastus seoseid, tuleks jätkata uuringutega keskkonnamüra tervisemõjude selgitamiseks ning uuendada keskkonnamüra hindamise metoodikat vastavalt uute epidemioloogiliste uuringute tulemustele.

1. Sissejuhatus

Euroopa Komisjon peab keskkonnamüra üheks peamiseks keskkonnaprobleemiks Euroopas (1). Kõige suurema osa keskkonnamüra haiguskoormusest moodustab liiklusrüü (2). Liiklusrüü linnades kasvab ning samal ajal toimub ka linnastumise protsess. Seetõttu on üha enam inimesi maailmas eksponeeritud kasvavale liiklusrüüle (3). Epidemioloogilised uuringud on näidanud, et eksponeeritus kõrgetele keskkonnamüra tasemetele suurendab mitmete haiguste levimuse, avaldumuse ja suremuse riski ning mõjutab ka inimeste heaolu ning töövõimet (4–6). Seega pole müra mitte ainult keskkonnaprobleem, vaid tõsine kasvav oht rahva tervisele (2). Nobeli preemia laureaat Robert Koch on omal ajal öelnud „Ühel päeval võitleb inimkond müra haiguskoormusega sama järeleandmatult nagu praegu võitleme kahjurite ja kooleraga“ (7). Tema ennustust kinnitas Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) raport sada aastat hiljem, milles leiti, et Lääne-Euroopas kaotatakse igal aastal vähemalt üks miljon tervena elatud aastat liiklusrüa tõttu (2). Selline haiguskoormus asetab müra kahjulikest keskkonnateguritest teisele kohale õhusaastuse järel (8).

Euroopa Komisjon on 2020. aastal avaldanud ühtse meetodika hindamiseks keskkonnamüra tervisemõjusid Euroopa Liidus (EL) (9). Käesolevas uuringus rakendatakse seda meetodikat, et hinnata autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse tervisemõjusid Tartu ja Tallinna linnas. Tervisemõjude hindamise aluseks on linnades varem tehtud välisõhu strateegiline müratasemete kaardistamine (10, 11). Strateegilistes kaardistamistes on leitud elanike kokkupuude erinevate müratasemetega. Probleem on siin selles, et neid müratasemeid (väljendatuna detsibellides) on elanikel ja otsustajatel raske mõista (12). Seetõttu on oluline seostada müratasemed võimalike tervisemõjudega.

Käesolev töö kujutab endast tervisemõjude hindamist (ingl *Health Impact Assessment*, HIA), mis selgitab välja liiklusrüast tulenevad negatiivsed mõjud tervisele. Selle alusel on võimalik paremini mõista liiklusrüa probleemi olulisust Eesti suuremates linnades.

2. Kirjanduse ülevaade

2.1 Müraga seotud mõisted ja müra mõõtmine

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ defineerib keskkonnamüra kui soovimatut või kahjulikku väljas levivat heli, mille tekitab inimene oma tegevusega, sealhulgas transpordivahendi, autoliikluse, raudteeliikluse, lennuliikluse ning tööstusettevõtete tekitatud müraga (13). Keskkonnamüraks ei loeta müra, mida tekitab müraga kokkupuutuv inimene ise: koduse tegevuse müra, naabrite tekitatud müra, töökoha müra, transpordivahendi sisemüra ja sõjaväepiirkondades sõjaväelise tegevusega tekitatud müra (13). Käesolevas töös käsitletakse keskkonnamüra liikidest ainult liikluse müra. Liikluse müra on defineeritud keskkonnaministri määrmuses nr 71 kui müra, mis on põhjustatud regulaarsest auto-, lennu-, raudtee ja veesõidukite liiklusest (14). Antud töös veesõidukite liikluse müra ei käsitleta, kuna puuduvad andmed sellega kokkupuute kohta ning rahvastikupõhised uuringud selle kahjulikust mõjust tervisele.

Müra tekitavad erinevad helid. Heli on füüsikaline suurus, mis on mõõdetav rõhu muutustena (15, 16). Heli iseloomustavad tema tugevus ja tämber, tugevuse määrab kindlaks rõhu muutuse ulatus, tämbri helilainete sagedusjaotus (16). Helirõhu tugevust (mis iseloomustab ka müra tugevust) hinnatakse detsibellides (dB), mis näitab kui palju on heli valjem kui referentsväärtus. Referentsväärtus on õhurõhk tugevusega 20 μPa , mis on inimese kuulmislävi sagedusel 1000 Hz ehk siis inimkuulmise alampiir. Ühik dB on logaritmilises skaalas, sest kõrv kuuleb logaritmiliselt. Kahekordne suurenemine heli energias põhjustab helirõhu taseme tõusu 3 dB võrra. (15) Inimene kuuleb erineva sagedusega helisid erineva tugevusega, liiga kõrgeid (ultraheli) või madalaid helisid (infraheli) ei kuule aga üldse. Kuulmine on kõige tundlikum piirkonnas 2–5 kHz. Kuna mõõteaparaat mõõdab võrdset igasuguseid sagedusi, tehakse müra paremaks hindamiseks korrektsioon, mis hindab heli sagedusi sarnaselt inimese kõrvale. Seda nimetatakse A-korrektsiooniks. (16) Kuna helirõhk on ajas pidevalt muutuv, siis müra hindamiseks kasutatakse tihti näitajat ekvivalentne helirõhutase $L_{pA,eq,T.}$, mis iseloomustab muutuva tasemega müra ajavahemikul T kasutades A-korrektsiooni. Enamasti kasutatakse A-korrektsiooni, kuid seadusandluses on piirnormid ka C-orrektsioonile. (17) C-korrektsioon on kasutusel müra impulsside mõõtmisel (8). Lisaks ekvivalentsele müra-tasemele kasutatakse müra iseloomustamiseks ka näitajat maksimaalne helirõhutase $L_{pA,max}$, mis näitab etteantud ajavahemikus mõõdetud helirõhutase maksimaalset väärtust (17).

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ (13) ja keskkonnaministri määrmus nr 71 (14) määratlevad peamised liikluse müra näitajad:

1. L_{den} – päeva-õhtu-öömüraindikaator. Aasta kõikide päeva-, õhtu- ja ööaja helirõhutasemete arvsuuruste alusel kindlaksmääratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis on müra üldise häirituse indikaator. L_{den} määramisel rakendatakse õhtusele mürale parandustegurit +5 dB ja öisele mürale +10 dB. Näitaja arvutatakse L_{night} , L_{day} , $L_{evening}$ põhjal.
2. L_{night} – öömüraindikaator. Aasta kõikide ööaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis on unerahu rikkuva müra indikaator ja iseloomustab unerahu häirimist öösel kell 23.00–7.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
3. L_{day} – päevamüraindikaator. Aasta kõikide päevaaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis iseloomustab müra häirivat mõju päeval kell 7.00–19.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
4. $L_{evening}$ – õhtumüraindikaator. Aasta kõikide õhtuaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis iseloomustab müra häirivat mõju õhtusel ajal kell 19.00–23.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
5. L_d – päevane müra. Ajavahemikul 7.00–23.00 hinnatud müratase, kusjuures õhtusel ajavahemikul (19.00–23.00) tekitatud mürale lisatakse parandus +5 dB.
6. L_n – öine müra. Ajavahemikul 23.00–7.00 hinnatud müratase.

WHO poolt väljaantud materjalides, enamikes teadusartiklites ja EL seadusandluses kasutatakse näitajaid L_{den} , L_{night} , L_{day} , $L_{evening}$ (8, 18). Eesti seadusandluses aga on kehtestatud piirnormid ja müra mõõtmiste juhised näitajatele L_d ja L_n (14). Erinevused on ka nende näitajate mõõtmismetoodikates. Näiteks vastavalt Eesti seadusandlusele hinnatakse välisõhus levivat mürataset L_d ja L_n 1,5–2 m kõrgusel (14), Euroopa Liidus aga L_{den} , L_{night} , L_{day} , $L_{evening}$ 4 m kõrgusel (13). Erinevuste tõttu mõõtmismetoodikates on Eestis koostatud strateegilised mürakaardid ja arvutatud mürale eksponeerituse tase kahe erineva meetodika järgi: müra kaardid Euroopa Komisjonile esitamiseks lähtuvalt keskkonnamüra direktiivi (13) nõuetest ja mürakaardid siseriiklikuks kasutamiseks lähtuvalt Eestis kehtivatest seadusandlusest (14). Liiklusmüra kaartidel kujuneb L_{den} arvväärus keskmiselt 2 dB suuremaks kui L_d väärtus (10). Mürataseme hindamiseks võib kasutada otsest mõõtmist või modelleerimist (13). Mürataseme mõõtmine müramõõturiga annab üldmüra ja väga raske on eristada erinevaid müra liike. Samuti on müra ajas ja ruumis muutuv ning mürataseme hindamiseks tuleb teha pikaajalisi mõõtmisi erinevates piirkondades. (19) Modelleerimisel on võimalik saada eri müra liikide puhul täpsemaid müraindikaatorite hinnanguid (8).

Müra mõõtmisel ja tervisemõjude hindamisel on oluline arvestada, et müra levib sõltuvalt maastikust, ilmastiku tingimustest ja tervisemõju omab vaid müratase, mis jõuab kuulajani (16). Samuti tuleb arvestada sellega, et iga inimese tegelikku ekspositsiooni mürale on väga raske hinnata. Keskkonnamüra hinnatakse kokkuleppeliselt elamute välisfassaadil kahe või nelja meetri kõrgusel. Tegelik ekspositsioon inimesele on väiksem, kui on kasutatud müra summutavaid ehitusmaterjale, kui elatakse kõrgematel korrustel, kui hoitakse aken suletuna või kui aknad pole suunatud müraallika poole jne. Keskkonnamürale eksponeerituse hindamisel ei suudeta arvestada ka seda, millistele teistele müraallikatele ja -tasemele on inimene eksponeeritud töö juures või mujal väljaspool elukohta. (10, 19)

2.2 Müra tervisemõjud

Enamik liikluse müra tervisemõjude uuringuid on suunatud annus-vastus seoste väljaselgitamisele liikluse müra ja tervisetulemite vahel (18). Metaanalüüsid koos tõendus põhise hindamisega GRADE meetodil müra tervisemõjude kohta on avaldanud WHO oma juhistes „*Environmental Noise Guidelines for the European Region*“ (2018) (8). Eksponeeritus keskkonnamürale põhjustab kahte tüüpi terviseprobleeme – kuulmisega seotud, nt kuulmise kadu ja tinnitus ning kuulmisega mitteseotud probleeme, nt südame-veresoonkonna haigused, madal sünnikaal, diabeet, rasvumine, unehäired, stress jne (2, 8).

Müra tugevuse ja tervisemõjude vahel on selge annus-vastus seos, kuid müra tervisemõjud sõltuvad lisaks konkreetsest müraallikast ja sellest kuidas inimene müra tajub (8, 16, 19). Mürale tundlikumad on lapsed, vanurid, krooniliselt haiged, rasedad, madalama sotsiaalmajandusliku staatusega isikud, vahetustega töötajad ja lihtsalt mürale eriti tundlikud inimesed (18). Mürale eriti tundlikud tajuvad samu helitugevusi oluliselt häirivamalt võrreldes enamike inimestega ja neil on ka müra tulenev haigestumise risk suurem kui teistel (20–22). Muuhulgas arvatakse, et müratundlikkus on osaliselt pärilik (19). Eristatakse ka müratundlikke hooneid, milleks loetakse elamud, haiglad, koolid ja lasteaiad (10). On leitud, et mürale on tundlikud 25–40% elanikkonnast (19).

2.2.1 Ülevaade liikluse müra tervisemõjudest

Kuulmiskadu ja tinnitus

Kuulmiskadu võib põhjustada nii ühekordne ekspositsioon väga tugevale mürale, nt nagu püssipauk kui ka pikaajaline ekspositsioon kõrgematele helirõhutasemetele ($L_{pA,eq}$ 75–85 dB) (15). Mõned uuringud on näidanud lastel kuulmise halvenemist liikluse müra (eriti lennuliikluse

müra) tõttu, kuid selliseid uuringud on väga vähe (23). Liiklusmüra ei ole enamasti nii suur, et laiemalt kuulmiskadu või tinnitust põhjustada (18). Kõrgetele liiklusmüra tasemetele on siiski eksponeeritud liikluse reguleerijad, teetöölised jt.

Südame-veresoonkonna haigused

WHO on koostanud metanalüüsi hindamaks keskkonnamüra ja südameveresoonkonna haiguste seoseid (24). Metaanalüüsi kaasati kuni aastani 2015 ilmunud uuringud, mis leidsid annus-vastus seoseid keskkonnamüra ja südame-veresoonkonna haiguste vahel. WHO enda välja töötatud kriteeriumite alusel valiti välja kõrgema tõendusega uuringud, mis kaasati ühtse (ingl *pooled*) annus-vastus seose (*RR*) arvutamisse. Kolme kohortuuringu ja nelja juhtkontrolluuringu põhjal ilmes, et autoliikluse müra L_{den} tõustes 10 dB võrra suureneb suhteline risk esmashaigestumiseks südame isheemiatõppe keskmiselt 1,08 (95% *CI* 1,01–1,15) korda. WHO hindas selle annus-vastus seose tõenduse GRADE meetodil kõrgeks. (24) Nimetatud WHO poolt leitud annus-vastus seost kasutatakse käesoleva magistritöö tervisemõjude arvutustes. Samas metaanalüüsis uuriti ka annus-vastus seoseid autoliikluse müra ja südame isheemiatõve suremuse vahel. Leiti, et autoliikluse müra tõus 10 dB võrra suurendab suremuse riski südame isheemiatõppe keskmiselt 1,05 (95% *CI* 0,97–1,13) korda ühe juht-kontrolluuringu ja kahe kohortuuringu põhjal (24). Tõendus sellele annus-vastus seosele hinnati keskmiseks. Ka antud annus-vastus seost kasutatakse käesolevas magistritöös tervisemõjude hindamiseks. Need seosed kehtivad müratasemete vahemikus L_{den} 40–80 dB (24). 26 läbilõikelise uuringu põhjal leidis sama metanalüüs, et eksponeeritus autoliikluse mürale suurendab ka kõrge vererõhu levimust ($RR = 1,05$; 95% *CI* 1,02–1,08). Kuna aga tegemist on vaid läbilõikeliste uuringutega, hinnati sellele annus-vastus seose tõenduse tase WHO poolt väga madalaks (24) ja seetõttu antud magistritöös liiklusmüra mõju kõrge vererõhu levimusele ei hinnata.

Lennuliikluse müra, raudteeliikluse müra ning südame isheemiatõve vahelisi seoseid tuleks WHO hinnangul ühtsete annus-vastus seoste leidmiseks samuti rohkem uurida ning piisavat tõendust ei leitud ka liiklusmüra ja insuldi vaheliste seoste kohta (8). Varasemad uuringud on näidanud, et autoliikluse ja lennuliikluse müra suurenemine 10 dB võrra tõstab haigestumust südame-veresoonkonna haigustesse 7–17% (15).

Kui enamik epidemioloogilisi uuringuid on keskendunud ühe kindla müra-allika tervisemõjude väljaselgitamisele, siis hiljuti Rootsis tehtud kohortuuringus leiti, et kui inimest mõjutavad kolm müra-allikat korraga tugevusega ≥ 45 dB L_{den} (autoliiklus, raudteeliiklus ja lennuliiklus), siis risk haigestumiseks tõuseb. Uuritud kohordis ei täheldatud olulisi seoseid liiklusmüra ja südame isheemiatõve ning insuldi esmashaigestumise vahel. Nendel inimestel

aga, kes olid eksponeeritud kõigile kolmele liiklusrumür allikale korraga, oli riskitiheduse suhe $HR\ 1,57$ (95% $CI\ 1,06-2,32$) südame isheemiatõppe haigestumiseks (25).

Kuna autoliikluse müraga koos tekib ka õhusaaste, tekib küsimus, kas tervisemõjud on tekitatud müra või hoopis õhusaastest? Ühe süstemaatilise ülevaateuuringu hinnangul, südame-veresoonkonna haiguste, eriti aga südame isheemiatõve puhul võib arvata, et müral ja õhusaastel on iseseisev mõju tervisele. Kohandamine mürale või õhusaastele ei muutnud selles uuringus oluliselt suhtelisi riske (26). Taani kohortuuring aga leidis, et kõrge õhusaastuse näitaja ja liiklusrumür näitaja korral ($NO_2\ 15,7\ \mu g/m^3$ ja $L_{den}\ 62,1\ dB$) on annus-vastus seosed insuldi esmashaigestumisega kõige tugevamad ning seetõttu võib müral ja õhusaastusel olla kombineeritud mõju (27).

Stress

Stress on keha võime reageerida sise- või väliskeskkonna väljakutsetele ning võib omada tervisele positiivset (eustress) või negatiivset mõju (distress), sõltuvalt sellest, kuidas indiviid stressorit tajub (15). Stressireaktsioon on vajalik muuhulgas selleks, et inimene suudaks ohuolukorras põgeneda või võidelda. Inimene on evolutsiooni käigus arenenud selliseks, et ta pidevalt jälgib ennast ümbritsevat helide mustrit ohu tuvastamiseks (19). Müra põhjustatud stressireaktsioon võib tekkida läbi teadliku müra tunnetamise või ka alateadlikult (15). Tugeva ootamatu heli korral inimene alateadlikult võpatab ja pöörab pead heliallika suunas ning see toimub tahtest olenemata (19, 28). Selline reaktsioon võib aset leida näiteks mootorsõiduki möödumisel. Alateadlik stress võib tekkida ka magamise ajal ilma, et inimene üles ärkaks (15). See väljendub stressihormoonide tõusus (29) ja suurenenud liigutuste ning südame löögisagedusena (30). Alateadlik liiklusrumürast põhjustatud stress võib tekkida inimestel, kes on eksponeeritud öisele liiklusrumürale, kuna stressireaktsiooni tekkimist une ajal on täheldatud juba alates väga madalast müratasemest $L_{Amax}\ 33\ dB$ (15).

Paljud uuringud on näidanud, et nii lühiajaline kui ka pikaajaline kokkupuude müraga tekitab südame löögisageduse ja vererõhu tõusu ning stressihormoonidest katehhoolamiinide (noradrenaliin ja adrenaliin) ja glükokortikoidide (kortisool) vabanemist (29). Stressihormoonide vabanemine omakorda tekitab põletikulisi reaktsioone, oksüdatiivset stressi rakkudes ja veresoonte ahenemist. Krooniline stress suurendab vere viskoossust, vere glükoositaset ja aktiveerib vere hüübimise süsteemi. Need muutused omakorda suurendavad kõrgvererõhutõve, ateroskleroosi, südame isheemiatõve, diabeedi ja infarkti ohtu (29). Stressireaktsioon mõjutab kogu metabolismi ja selle kaudu seedeelundkonna talitlust, immuunsüsteemi, loote arengut ja hingamisteid (19, 29). On näidatud et müra põhjustatud stress muudab ka seedesüsteemi mikrofloorat ja geenide ekspressiooni (29).

Häiritus

Häiritus e häirivus (ingl *annoyance*) on defineeritud kui tunnetatud meelepaha või ärritus, mis on põhjustatud mürast (8). Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ kasutab eestikeelse mõistena sõna „häirivus“ (13), Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367, mis on antud töö metoodika aluseks, on kasutusel aga mõiste „häiritus“ (9). WHO defineerib tervist kui täieliku füüsilise, vaimse ja sotsiaalse heaolu seisundit, mitte ainult haiguse või nõtruse puudumist (31). Sellest lähtuvalt loetakse häiritust kahjulikuks tervisemõjuks (18). On leitud, et vastusena keskkonnamürale võivad inimesed kogeda viha, pettumust, abitust, depressiooni, rahulolematust, ärevust või kurnatust (2).

Haiguskoormuselt on häiritus keskkonnamüra tervisemõjudest unehäirete järel teisel kohal (4, 8). Häiritus on subjektiivne näitaja ja seda saab hinnata ainult inimene ise (19). Häiritust hinnatakse standardiseeritud küsimustikega. Kasutusel on põhiliselt kaks küsimustikku *International Committee for the Biological Effects of Noise* (ICBEN) küsimustik ja *International Standards Association* (ISO) küsimustik. Küsimustikes palutakse hinnata 5 või 11 palli skaalal, kui palju müra häirib kodus, kusjuures ei ole täpsustatud, kas mõeldakse siseruume või väliskeskkonda (4). Põhiliselt kasutatakse tervisemõjude hindamistes suure häiritusega (ingl *high annoyance*) inimeste osakaalu leidmist (2). Guski *et al.* (2017) järgi määratakse suur häiritus selle järgi, kui kõrgelt hindab inimene oma häiritust 5 või 11 palli skaalal. Kirjanduses on erinevad lähenemisi, kust tõmmata piir suure häirituse ja tavalise häirituse vahele, kuid enamasti loetakse suureks häirituseks kasutatud skaala ülemist 28%, näiteks 11 pallise skaala korral need, kes märkisid häirituse tasemeks 8–11. (4)

WHO koostas häirituse tervisemõjudest metanalüüsi, kuhu kaasas 2000.–2014. aastal avaldatud uuringud, mis uurisid annus-vastus seoseid liikluse müra ja suure häiritusega inimeste osakaalu vahel. Mainitud metanalüüsis teostati iga müraallika kohta eraldi. Erinevate uuringute šansside suhte põhjal leiti ühtne šansside suhe iga müraallika kohta, mis kirjeldab müra mõju suure häiritusega inimeste osakaalule. Leiti, et müra tõustes 10 dB võrra on šanss suureks häirituseks kolm kuni viis korda suurem nii autoliikluse, raudteeliikluse kui ka lennuliikluse müra korral. WHO hindas tõenduse ühtsele šansside suhtele GRADE meetodil keskmiseks lennuliikluse ja keskmiseks või kõrgeks autoliikluse ja raudteeliikluse müra korral. (4)

On leitud ka, et katkendlik müra on häirivam, kui ühtlane müra (32). Katkendlik müra on näiteks mööduv auto, ühtlane müra on näiteks kodumasinat töötamisel tekkiv pidev heli (õhksoojuspump) või kella tiksumine. Samuti sõltub häiritus ka ajast ja inimese tegevusest – öine müra häirib rohkem kui päevane müra, vabaaja üritusel osalemise ajal häirib müra vähem

kui õppimise ajal (33). Rohkem häirib müra soojemate ilmade korral, kuna siis on suurema tõenäosusega aknad lahti.

Unehäired

Unehäired (ingl *sleep disturbance*) ja häiritus moodustavad kõige suurema osa autoliikluse müra poolt põhjustatud haiguskoormusest Lääne-Euroopas (2). Liiklusmüra võib häirida und põhjustades une katkemist, raskendada magama jäämist või halvendada une kvaliteeti (16). Müra võib häirida und ka ilma, et inimene üles ärkaks ja põhjustada alateadlikku stressireaktsiooni vallandumist (15).

Unehäired võivad olla enesehinnangulised (hinnatakse standardiseeritud skaalaga) või mõõdetud (pulsisagedus, vererõhk, keha liigutused jms) magamise ajal (2). Enesehinnangulistes küsitlustes inimene raporteerib oma kogetud uinumisraskuseid, une kvaliteeti ja hommikust väsimust (19, 30). Tevisemõjude hindamistes kasutatakse enesehinnangulist näitajat märkimisväärselt häiritud unega inimeste arv (ingl *high sleep disturbance*) (2). Märkimisväärselt häiritud unega inimesteks loetakse need, kes hindavad küsitluses skaalal 0–100 oma unehäiret suurema skooriga kui 72 (2).

WHO koostatud metanalüüsis leiti, et šanss olla märkimisväärselt häiritud unega tõuseb 2,13 korda (95% *CI* 1,82–2,48) öise autoliikluse müra L_{night} tõustes 10 dB võrra. Tõendus sellele annus-vastus seosele hinnati GRADE meetodil keskmiseks. (8)

Unehäired soodustavad omakorda kardiovaskulaarsete ja metaboolsete haiguste (kõrgvererõhutõbi, südameinfarkt, rasvumine, diabeet) teket, aga põhjustavad ka töövõime vähenemist, infektsiooniriski suurenemist, õnnetuseriski suurenemist, väsimust ja elukvaliteedi langust (30). WHO soovitude järgi ei tohiks öine keskkonnamüra ületada välisõhus 40 dB (8).

Kognitiivsete võimete langus

Üle 20 uuringu on näidanud, et keskkonnamüra põhjustab lastel kognitiivsete võimete langust (ingl *cognitive impairment*) (15). Kognitiivsed võimed on tähelepanu, mälu, soorituse täpsus, õppimine, lugemine jne. Neid mõõdetakse standardiseeritud testidega, näiteks testitakse loetu või jutustuse mõistmist, lühiajalist ja pikaajalist mälu, tähelepanu, töövõimet (8). Lapsed, kes on koolis eksponeeritud lennu-, auto- või raudteeliikluse mürale, on halvema lugemisoskuse ja mäluga ning saavad halvemaid tulemusi riiklikes testides, kui need lapsed kes liiklusmürale eksponeeritud ei ole (15). WHO soovitude järgi ei tohiks õppimise ajal müra ületada 35 dB (8).

Kognitiivsed võimed sõltuvad tugevasti lisaks mürale ka inimese ärkveloleku tasemest ehk erksusseisundist. Rutiinse ja vähe mõttetööd vajava tegevuse puhul võib sobiv helitaust suurendada inimese erksusseisundit ja seeläbi parandada sooritusvõimet (19). Ent keeruliste

mõtlemit nõudvate ülesannete puhul halvendab müra sooritust juba väga madalal müratasemel (15).

Sünninäitajad

Uuringute tulemused sünninäitajate (ingl *adverse birth outcome*) osas on vasturääkivad. Hohmann (2013) *et al.* (34) leidsid oma ülevaateuuringus, et eksponeeritus mürale raseduse ajal ei ole seotud sünnikaalu, enneaegse sünni, kaasasündinud väärarengute ega prenataalsete ja neonataalsete surmadega. Ristovska (2014) *et al.* (35) ülevaateuuring aga leidis, et kuigi uuringuid on vähe tehtud, võib müral olla siiski oluline mõju madalale sünnikaalule (alla 2500 g). Dzhambov (2014) *et al.* (36) väitsid oma metaanalüüsis, kuhu olid kokku võetud nii töö- kui ka elukeskkonnas esinevad keskkonnamüra uuringud, et kui naine on raseduse ajal eksponeeritud kõrgele müratasemele (≥ 80 dB), siis on oluliselt suurem risk saada väikese sünnikaaluga vastsündinu oma gestatsioonivanuse kohta (üsisisene kasvupeetus), suurenenud risk raseduseaegseks vererõhu tõusuks ja väga suur risk kaasasündinud väärarenguteks. Mõju ei ole tõestatud preeklampsiale, perinataalsele suremusele, spontaansetele abortidele ja enneaegsele sünnile (enne 37. nädalat) (36).

WHO hinnangul (6) on olemas mõningane tõestus selle kohta, et autoliiklus on seotud madala sünnikaaluga, enneaegse sünnitusega ja üsisisese kasvupeetusega. Arvatakse, et müra võib mõjutada loote kasvu läbi ema stressireaktsiooni, kõrgeenenud vererõhu ja unehäirete (6).

Vaimne tervis

Mitmed uuringud on näidanud, et liikluspõhine müra suurendab haigestumust depressiooni (37–39). Juhtkontrolluuring Frankfurdi lennujaama läheduses elavate ≥ 40 -aastaste inimeste kohta näitas, et seos autoliikluse müra ja depressiooni diagnooside arvu vahel on lineaarne. Samas lennukiliikluse ja raudteeliikluse müral on tagurpidi U kujuline mõju, olles kõige tugevam 50–55 dB $L_{pAeq,24h}$ juures lennukiliikluse müra puhul ja 60–65 dB $L_{pAeq,24h}$ raudteeliikluse müra puhul. Üks võimalik seletus U-kujulisele seosele on see, et müratundlikud inimesed kolivad ära kõrgema müraga piirkondadest või kasutavad müra isoleerimiseks piisavaid vahendeid. Depressioonirisk tõuseb juba alates müratasemetest 40 dB. Samas uuringus tuli ka välja, et kui uuritavaid mõjutas mitu müra allikat korraga oli suurem šanss saada depressioon, kui nendel keda mõjutas vaid üks müra allikas korraga. (38) WHO hinnangul pole müra mõju vaimsele tervisele siiski veel piisavalt tõestatud (40). Aastal 2020 avaldatud uuringu kohaselt suurendab liikluspõhise müra $L_{eq,day}$ suurenemine 1dB võrra ka suitsiidi riski ($RR = 1,17$; 95% CI 1,05–1,30).

Diabeet

Keskkonnamüra ja 2. tüüpi diabeedi seoseid on hinnanud WHO töörühm, koostades metaanalüüsi aastatel 2000–2015 avaldatud uuringute põhjal (24). Autoliikluse ja lennuliikluse müra suurendasid 2. tüüpi diabeedi riski, kuid raudteeliikluse müral seost ei leitud. Kuna 2015. aastaks oli uuringuid 2. tüüpi diabeedi kohta avaldatud veel väga vähe, hindas WHO töörühm keskkonnamüra ja 2. tüüpi diabeedi seoste tõendatuse väga madalaks (24). Uuemad (peale 2015. aastat ilmunud) uuringud on näidanud, et liiklusmüra suurendab 2. tüüpi diabeeti haigestumist (41, 42). Näiteks hiljutine metaanalüüs (41), kuhu oli kaasatud 15 uuringut leidis, et eksponeeritus mürale suurendab 2. tüüpi diabeedi riski. Kõige tugevam seos ilmnis lennuliikluse müraga – 5 dB lennuliikluse müra tõusu korral suurenes 2. tüüpi diabeedi risk 17%. Autoliikluse müra suurendab 5 dB müra tõusu kohta 2. tüüpi diabeedi riski 7%. Raudteeliikluse ja 2. tüüpi diabeedi vahel seost ei leitud ka selles metanalüüsis. Teist tüüpi diabeedi seotust keskkonnamüraga on tõestanud ka Dzhambov *et al.* (2015) (42) oma metaanalüüsis. Recio *et al.* (2016) (43) on oma süstemaatilises ülevaates uuritud ka võimalikku bioloogilist mehhanismi, kuidas müra saab diabeeti põhjustada. On teada, et müra põhjustab stressihormoonide (nt kortisooli) vallandumist. Kortisool aga pärsib insuliini sünteesi ja põhjustab ka insuliinitundlikkuse vähenemist rasva-, skeletilihas- ja maksa rakkudes. Teine tõenäoline mehhanism on läbi tsütokiin IL-6 aktiveerimise, mis osaleb põletiku reaktsioonide tekkes. Selle käigus valmistub organism ette ka raskete aegade läbimiseks – glükoosi omastamist pärsitakse, et seda oleks võimalikul näljaperioodil veres rohkem. Vastavad reaktsioonid on geneetiliselt määratud ja ilmselt on aidanud inimestel evolutsiooni vältel nälga üle elada. (43) Selleks, et hinnata kas müra saab põhjustada 2. tüüpi diabeeti, tehti ka üks kliiniline katse. Katsesse kaasati 27 vabatahtlikku, kes veetsid kuus järjestikust ööpäeva helikindlas laboris, kus neile lasti öösiti lindistatud autoliikluse müra. Uuritavad jagati kolmeks: 11 uuritaval oli vähem müra sündmuseid öö jooksul, 10 uuritaval rohkem mürasündmuseid öö jooksul ning kuus inimest moodustasid kontrollrühma, kellele öeldi, et nad on eksponeeritud öösel mürale, aga tegelikult ei olnud. Uuritavatel mõõdeti glükoosi tolerantsust ja tundlikkust insuliinile kasutades Matsuda & Stumvoll insuliinitundlikkuse indeksit. Tundlikkus insuliinile ja glükoositolerantsus langes kõigil eksponeeritutel pärast nelja müras veedetud ööd. Kontrollrühmal olid samasuunalised muutused kuid väiksemad. (44)

Rasvumine

WHO töörühm on koostanud metaanalüüsi aastatel 2000–2015 avaldatud uuringute põhjal keskkonnamüra ja rasvumise seostest (24). Kuna uuringud olid läbilõikelised, neid oli vähe ning tulemused olid kohati vasturääkivad, hinnati annus-vastus seoste tõestatus rasvumise ja

liiklusrüra vahel GRADE meetodil väga madalaks (24). Kaks uuemat pikaajalist uuringut aga viitavad sellele, et liiklusrüra seos rasvumisega võib siiski esineda (45, 46). Ühes uuringus Stockholmis järgiti 5184 inimesest koosnevat kohorti aastatel 1992 kuni 2006 ja leiti, et autoliikluse müra suurendas vöö ümbermõõtu 0,04 cm aastas ja lennuliikluse müra 0,16 cm aastas 10 dB L_{den} suurenemise kohta. Autoliikluse müra läviväärtuseks pakkus uuring 45 dB. (45) Teine hiljuti avaldatud, samuti Stockholmis tehtud kohortuuring leidis 4089 jälgitava põhjal, et suurem eksponeeritus liiklusrürale elukohas tõstis kehamassiindeksit (46).

Vähk

Mõningal määral on ka informatsiooni müra ja vähi vaheliste seoste kohta. Näiteks ühes juhtkontrolluuringus Frankfurdi lennujaama läheduses elavatel ≥ 40 -aastatel naistel täheldati kõikide liiklusrüra liikide (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus) suuremate väärtuste korral suurenenud haigestumist rinnavähki. Bioloogiline mehhanism arvatakse olevat läbi selle, et müra segab und ning see omakorda soodustab kasvaja teket. (47)

2.2.2 Ülevaade müra tervise mõjude hindamistest

Ühe olulisematest keskkonnamüra tervise mõjude hindamistest avaldas WHO Euroopa regiooni tööriühm 2011. aastal. Raportis on hinnatud keskkonnamüra tervise väljundite (südame-veresoonkonna haigused, häiritus, vaimsete võimete halvenemine, unehäired ja tinnitus) haiguskoormus Lääne-Euroopa riikides. Selle uurimistöö hinnangul moodustavad keskkonnamüra põhjustatud haiguskoormusest suurema osa kuulmisega mitteseotud probleemid nagu: unehäired (903 000 tervisekaoga eluaastat, *DALY – Disability Adjusted Life Years*), häiritus (654 000 *DALY-t*), südamel isheemiatõbi (61 000 *DALY-t*) ja kognitiivsed häired lastel (45 000 *DALY-t*) ning kuulmisega seotud probleemidest põhjustab haiguskoormuse eeskätt tinnitus (22 000 *DALY-t*) (2). Uurimistöö autorite rühm järeldas, et unehäired ja häiritus, mis on peamiselt seotud just autoliikluse müraga, moodustab peamise osa keskkonnamüra põhjustatud haiguskoormusest. (2)

Kõige uuem laiaulatuslikum keskkonnamüra (autoliikluse, raudteeliikluse, lennuliikluse ja tööstuse müra) tervise mõjude hindamine on avaldatud 2020. aastal ning selle teostas Euroopa Keskkonnaagentuur (ingl *European Environment Agency* EEA) 33 Euroopa riigi strateegiliste müra kaardistamise põhjal 2017. aasta kohta. Selle tulemusena selgus, et pikaajaline eksponeeritus keskkonnamürale põhjustab uuritud riikides kokku ligi 12 000 enneaegset surma südame isheemiatõve tõttu ja 48 000 südame isheemiatõve haigestumise esmasjuhtu aastas. Hinnanguliselt kannatab 22 miljonit inimest suure häirituse tõttu ja 6,5 miljonil on märkimisväärselt häiritud uni. Põhjustatuna lennuliikluse müra on 12 500 koolilapsel

õpiraskused. Ka selles uuringus osutus peamiseks haiguskoormuse allikaks autoliiklus (75% *DALY*-dest), millele järgnes raudteeliiklus (20%), lennuliiklus (4%) ja tööstus (0,5%). Uuringus toodi välja, et terviseohtlikule mürale (≥ 55 dB) on eksponeeritud 20% eurooplastest päeva-öhtu-öömüraindikaatori L_{den} ja 15% öömüraindikaatori L_{night} põhjal. (18) Ka aasta varem avaldatud tervisemõjude hindamine 32 maa müra kaardistamiste põhjal 2017. aasta kohta leidis, et kolm neljandikku tervisemõjudest on põhjustatud autoliikluse mürast ning peamiselt tekib müra kahju linnastunud aladel (48).

2.2.3 Liikluse müra väliskulude hindamine

Väliskulud (ingl *external costs*), tuntud ka mõistena välismõjud (ingl *externalities*) tekivad kui ühe ühiskonnarühma tegevus mõjutab teist ühiskonnarühma, ilma et selle mõjuga oleks arvestatud või kahju korral kompenseeritaks kahju saavale poolele (3, 49). Näiteks on väliskulu liikluse või õhusaastuse müra poolt tekitatud tervisekahju (surm, haigestumine, valu, stress), sinna alla ei lähe aga näiteks liikluskindlustusega kaetav kahju (3, 49). Välismõju võib olla ka kasulik, nt aitavad mesinikud mesilaste kasvatamisega kaasa põldude tolmeldamisele ja saagikuse tõusule (3). Teisisõnu on välismõju iga kulu või tulu, mis kandub tegevusest kolmandale osapoolale ilma, et kolmas osapool oleks seda valinud või saaks rahalist kompensatsiooni (50, 51). Enamasti kasutatakse müra väliskulude hindamisel kahjude hindamise lähenemisviisi (ingl *damage cost approach*) (3). See lähenemine hindab ära kahju, mida inimesed kogevad välismõju tõttu (3). Kuna turuhinda neil kahjudel pole, kasutatakse väliskulude hindamiseks näitajat maksevalmidus *WTP* (ingl *Willingness To Pay*) (3, 49). Maksevalmiduse hindamiseks tehakse enamasti küsitluse teel kindlaks kui palju on inimesed nõus maksma, et keskkonna- või tervisekahju ära hoida (49). *WTP* sõltub mitmetest teguritest, sealhulgas küsitletute vanusest ja haridusest. Rohkem on nõus maksma suremuse ennetamise eest haritumad ja vanuserühm 30–50-aastased (3).

Müra väliskulusid saab hinnata mõõdikuga *VOLY* (ingl *the monetary value of a life year*) – tervena elatud eluaasta rahaline väärtus (51). *VOLY* arvutatakse *WTP* põhjal. EL-is tehtud uuring soovib EL-i riikides kasutada üheks *VOLY* väärtuseks 40 000 eurot (*CI* 25 000–100 000) (52).

Tarnspordisektori väliskulude hindamist tehti EL-i 28 riigis 2016. aasta kohta. Keskmiseks *VOLY* väärtuseks arvestati uuringus 70 000 eurot. Uuringus leiti, et kõige suurema osa linnaliikluse väliskuludest moodustavad liiklusõnnetuste kulud (29% kogu kuludest), millele järgnevad ummikukulud (27% kogukuludest). Müra moodustab transpordisektori kõigist väliskuludest 7%. Enamik liiklusega seotud müra väliskuludest (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus ja veesõidukite liiklus) tuleb autoliiklusest (83%). Kokku tekitab

autoliikluse müra 57,1 miljardit eurot kahju EL-i 28 riigis, mis moodustab 0,38% *SKP*-st. Peamise osa sellest kahjust tekitavad isiklikud sõiduaudod (26,2 miljardit eurot) ja kaubavedu maanteedel (14,5 miljardit eurot). Võrdluseks näiteks ühistranspordi busside kahju on vaid 0,8 miljardit eurot. Tunduvalt väiksem on ka väliskulu raudteeliikluse mürast – 6,42 miljardit eurot, mis moodustab 0,04% *SKP*-st. Antud töös oli Eesti autoliikluse müra väliskuludeks hinnatud 2016. aastal 130 miljonit eurot, raudteeliikluse müra väliskuludeks 3 miljonit eurot ja Tallinna lennujaama müra väliskuludeks 0,39 miljonit eurot. (3)

2020. aasta Euroopa Keskkonnaagentuuri müra tervisemõjude raportis on hinnatud 33 Euroopa riigi keskkonnamüra väliskuludeks 35 miljardit eurot suure häirituse tõttu, 34 miljardit eurot märkimisväärselt häiritud une tõttu, 12 miljardit südame isheemiatõve tõttu ja 5 miljardit laste vaimsete võimete vähenemise tõttu (18).

2.3 Müra tervisemõjude vähendamise meetmed

Ühiskonna tasandil on müra negatiivsete mõjude vähendamiseks võimalik kasutada erinevaid müra vähendamise meetmeid: parem linnaplaneerimine, müra vähendavad teekatted, raskete sõidukite öised sõidupiirangud, kiirusepiirangud, müratõkete ehitamine, müratundlike hoonete ja elamispiirkondade kaitsmine, avalikkuse teavitamine ja müra vähendamise väärtustamine (19). Keskkonnamüra hindamise käsiraamatus on toodud välja mitmeid meetmeid liikluse müra vähendamiseks. Autodel ja rongidel tekitab müra mootor ning rehvi ja teepinna või ratta ja rööpa kokkupuutel tekib veeremismüra. Veeremismüra mõjutab teekatte materjal ning rehvi tüüp ja materjal, seetõttu saab autoliikluse müra vähendada siledamate teekatetega ja väiksema müratasemega rehvide kasutamisega. Raudteeliikluse müra aitab vähendada rataste ja rööbastekonaruste vähendamine. Lennuliikluse müra tekitab lennuki mootor ja sealt väljuv õhuvool või propelleri keerlemine. Lennuliikluse müra saab vähendada vaiksemate mootoritega või lennukoridoride planeerimisega nii, et ekspositsioon oleks võimalikult väike. (16)

Müra kokkupuute piiramiseks on Eestis kehtestatud keskkonnamürale piirnormid (53). Vastavalt keskkonnamüra direktiivi (13) nõuetele on Eesti kohustatud iga viie aasta järel esitama välisõhu strateegilisi mürakaarte peamiste riigi territooriumil asuvate müraallikate kohta ja raporteerima inimeste mürale eksponeerituse taset Euroopa Komisjonile (54). Tuginedes mürakaardile on valminud ka Tartu linna välisõhus leviva keskkonnamüra vähendamise tegevuskava 2019.–2023. aastaks (55).

3. Eesmärgid

Töö eesmärk on hinnata liiklusrüü (autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse) poolt põhjustatud tervisemõjud Tartu ja Tallinna linnas.

Alaesmärgid:

1. hinnata kui suur on liiklusrüüst põhjustatud enneaegne haigestumus ja suuremus südame isheemiatõppe;
2. hinnata kui paljudel on liiklusrüüst põhjustatud suur häiritus või märkimisväärselt häiritud uni;
3. hinnata kui suur on liiklusrüüst põhjustatud haiguskoormus;
4. hinnata kui suured on liiklusrüüst tulenevad väliskulud.

4. Materjal ja metoodika

Müra tervisemõjude hindamisel kasutatakse Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 kirjeldatud metoodikat (9). Metoodika uuendati 2020. aastal ning tugineb kõige uuematel WHO soovitusel Euroopa regioonile (8), mis omakorda põhinevad epidemioloogiliste uuringute metaanalüüsidel, milles teostati tõenduse hindamine annus-vastus seostele liiklusrüü ja tervisemõjude vahel GRADE meetodil (4, 24, 30, 40). Müra tervisemõjude hindamises saab eristada nelja etappi (48):

- hinnatavate terviseväljundite valimine;
- ekspositsiooni ehk müraga kokkupuute hindamine rahvastikus;
- annus-vastus seose valimine;
- ekspositsiooniga seletatavate juhtude arvu leidmine ja haiguskoormuse leidmine.

4.1 Andmete kogumine

Hinnatavad terviseväljundid

Hinnatavad terviseväljundid valiti vastavalt Euroopa Komisjoni direktiivile (EL) 2020/367, millel põhineb kogu käesoleva töö metoodika (9). Hinnatavad terviseväljundid on:

- südame isheemiatõve (I20–I25) esmashaigestumus;
- südame isheemiatõve (I20–I25) suremus;
- suure häiritusega inimeste arv;
- märkimisväärselt häiritud unega inimeste arv.

Direktiivis 2020/367 lähtuti nende terviseväljundite valimisel WHO metaanalüüsides kasutatud tõenduspõhisuse hindamistest GRADE meetodil ja just nende terviseväljundite ja liiklusrüü vahel on kõige paremini tõendatud annus-vastus seosed.

Andmed haigestumuse ja suremuse kohta

Magistritöös on kasutatud haigestumise ja suremuse andmeid 2015. aasta kohta, sest mürale eksponeerituse hinnangud, millel antud magistritöö põhineb, tehti samuti 2015. aasta kohta. Tartus suri 2015. aastal südame isheemiatõppe (RHK 10 kood I20–I25) 174 inimest ja Tallinnas 811 inimest. Surnute arvud on saadud Tervise Arengu Instituudi (TAI) Tervisestatistika ja terviseuuringute andmebaasist, mis põhineb surma põhjuste registri andmestikul (56). Esmashaigestumus südame isheemiatõppe 100 000 elaniku kohta (647,4 juhtu 2015. aastal) Eestis saadi samuti TAI Tervisestatistika ja terviseuuringute andmebaasist (57). Liiklusrüüst põhjustatud esmashaigestumuse arvutamiseks on kasutatud registreeritud esmashaigestumuse

näitajat kogu Eesti kohta, sest haigestumuse kohta pole võimalik hetkel saada elukoha põhiseid andmeid. Andmed on registreeritud tervishoiuteenuse osutaja järgi ning see ei pruugi kattuda reaalse elukohaga. Andmed Tartu ja Tallinna aasta keskmise elanike arvu kohta saadi Statistikaameti andmebaasist (58). Vastavalt neile andmetele arvutati välja esmashaigestumuskordaja Eestis ja suremuskordaja Tartus ja Tallinnas ühe elaniku kohta.

Müraga kokkupuute andmed

Erinevatele müratasemetele eksponeeritud inimeste arv saadi müra strateegilise kaardistamise aruannetest (10, 11). Müra kaardistamise käigus on modelleeritud müratasemed linnades ja hinnatud erinevates müratsoonides (55–59, 60–64, 65–69, 70–74, ≥ 75 dB) elavate inimeste arv, lähtudes päeva-öhtu-öömüraindikaatori L_{den} ja öömüraindikaatori L_{night} arvsuurusest hoonete kõrgeima müratasemega välispiirdel 4 m kõrgusel. Eksponeeritute arvu hinnangud (ümardatud lähima sajani) on antud eraldi autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse kohta. Autoliikluse (ingl *road traffic*) all mõeldakse kõiki sõidukeid mis liiguvad linna teedel ja tekitavad müra, Tallinna puhul on sinna alla arvestatud ka trammid (11). Müra strateegilise kaardistamise alusel koostatud mürakaardid, millel antud töö põhines, on ära toodud magistritöö lisas 1.

4.2 Müra tervisemõjude leidmine

Riskitasemete arvutamine eri müratasemetel annus-vastus seoste alusel

Eri müratasemetel ilmnevate riskitasemete arvutamine lähtub Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 olevatest valemitest (9). Valemities antud annus-vastus seosed johtuvad WHO metaanalüüside andmetest (8).

Suhteline risk RR liiklusemüra puhul on defineeritud kui:

$$RR = \frac{\text{kahjuliku mõju avaldumise tõenäosus eksponeeritute hulgas kindlale müratasemele}}{\text{kahjuliku mõju avaldumise tõenäosus mürale mitteeksponeeritute hulgas}}. \quad (1)$$

Absoluutne risk AR liiklusemüra puhul on defineeritud kui:

$$AR = \text{kahjuliku mõju avaldumine eksponeeritute hulgas spetsiifilise mürataseme korral}. \quad (2)$$

Südame isheemiatõve (IHD) esmashaigestumuse (i) suhteline risk RR iga autoliikluse müra taseme (L_{den} 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, ≥ 75 dB) jaoks arvutati valemiga:

$$RR_{IHD,i,auto} = \begin{cases} e^{[(\ln(1,08)/10) \times (L_{den} - 53)]} \\ 1 \end{cases}. \quad (3)$$

Südame isheemiatõve (IHD) suremuse (m) suhteline risk RR iga autoliikluse müra taseme (L_{den} 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, ≥ 75 dB) jaoks arvutati valemiga:

$$RR_{IHD,m,auto} = \begin{cases} e^{[(\ln(1,05)/10) \times (L_{den}-53)]} \\ 1 \end{cases} \quad (4)$$

Suure häirituse absoluutse riski hindamiseks kasutati järgmiseid valemeid:

$$AR_{häiritus,auto} = (78,9270 - 3,1162 \times L_{den} + 0,0342 \times L_{den}^2) / 100; \quad (5)$$

$$AR_{häiritus,raudtee} = (38,1596 - 2,05538 \times L_{den} + 0,0285 \times L_{den}^2) / 100; \quad (6)$$

$$AR_{häiritus,lennuk} = (-50,9693 + 1,0168 \times L_{den} + 0,0072 \times L_{den}^2) / 100. \quad (7)$$

Märkimisväärselt häiritud une absoluutse riski hindamiseks kasutati järgmiseid valemeid:

$$AR_{unehäired,auto} = (19,4312 - 0,9336 \times L_{night} + 0,0126 \times L_{night}^2) / 100; \quad (8)$$

$$AR_{unehäired,raudtee} = (67,5406 - 3,1852 \times L_{night} + 0,0391 \times L_{night}^2) / 100; \quad (9)$$

$$AR_{unehäired,lennuk} = (16,7885 - 0,9293 \times L_{night} + 0,0198 \times L_{night}^2) / 100. \quad (10)$$

Valemities 3–10 on RR on arvutatud iga mürataseme vahemiku (L_{den} 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, ≥ 75 dB) kohta mürataseme vahemike keskmiste väärtuste järgi. Näiteks mürataseme vahemiku L_{den} 55–59 dB keskmine väärtus on 57,5 dB (vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivile 2002/49/EÜ (13) loetakse mürataseme 55–59 dB vahemikku väärtused 55,00 dB ja 59,99 dB).

Rahvastiku panusosise ja liiklusrumaga seletatavate juhtude leidmine

Rahvastiku südame isheemiatõve panusosis eksponeeritudel PAF (ingl *Population Attributable Fraction*) näitab rumaga seletatavate südame isheemiatõve juhtude osakaalu kõikidest suremuse või haigestumuse juhtudest. See arvutati alljärgneva valemi järgi:

$$PAF_{IHD,auto} = \left(\frac{\sum_j [p_j \times (RR_{IHD,j,auto} - 1)]}{\sum_j [p_j \times (RR_{IHD,j,auto} - 1)] + 1} \right), \quad (11)$$

$PAF_{IHD,auto}$ – südame isheemiatõve panusosis autoliiklusele eksponeeritudel j – müratase (nt 55–59 dB), p_j – inimeste osakaal rahvastikust, kes on eksponeeritud müratasemele j , $RR_{IHD,j,auto}$ – südame isheemiatõve risk ($RR_{IHD,i,auto}$ või $RR_{IHD,m,auto}$) autoliiklusest müratasemel j .

Autoliikluse rumaga seletatavate südame isheemiatõve haigestumise juhtude arv $N_{auto,i}$ arvutati järgmise valemi alusel:

$$N_{auto,i} = PAF_{IHD,i,auto} \times IHD_i \times P, \quad (12)$$

kus $PAF_{IHD,i,auto}$ – müra panusosis südame isheemiatõve esmashaigestumusest autoliikluse müra tõttu, IHD_i – südame isheemiatõve esmashaigestumus selles piirkonnas, kus liikluse müra mõjusid leitakse (Tartu või Tallinn), P – autoliikluse mürale eksponeeritute arv.

Autoliikluse müraga seletatav südame isheemiatõve surmajuhtude arv ($N_{auto,m}$) arvutati järgmist valemit kasutades:

$$N_{auto,m} = PAF_{IHD,m,auto} \times IHD_m \times P, \quad (13)$$

kus $PAF_{IHD,m,auto}$ – müra panusosis südame isheemiatõve surmadest autoliikluse tõttu, IHD_m – suremus südame isheemiatõppe selles piirkonnas kus liikluse müra mõju leitakse (Tartu või Tallinn), P – autoliikluse mürale eksponeeritute arv.

Suure häiritusega inimeste ja märkimisväärselt häiritud unega inimeste arvu leidmiseks liikluse müra tõttu erinevatest allikatest (ingl *number of attributable cases*) kasutati valemit:

$$N_{x,y} = \sum_j [n_j \times AR_{j,x,y}], \quad (14)$$

kus x – liikluse müra allikas (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus), y – terviseväljund (suur häiritus või märkimisväärselt häiritud uni), j – liikluse müra ekspositsiooni suurus (nt 55–59 dB), $N_{x,y}$ – inimeste arv kellel on liikluse müra allikast (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus) x terviseväljund (suur häiritus või märkimisväärselt häiritud uni) y , n_j – teatud liikluse müra ekspositsiooni suurusele j eksponeeritute arv, $AR_{j,x,y}$ – absoluutne risk ekspositsiooni tasemel j liikluse müra allikast x terviseväljundile y .

Liikluse müra haiguskoormuse arvutamine

Haiguskoormuse hindamiseks kasutatakse mõõdikut tervisekaoga eluaasta (*DALY*). Ühte *DALY*-t võib lihtsustatult mõista kui ühte kaotatud tervelt elatud aastat. Haiguskoormuse arvutamiseks arvutatakse eraldi enneaegse surma tõttu kaotatud eluaastad *YLL* (ingl *Years of Life Lost*) ning aastad, mida inimene pole elanud täie tervise juures *YLD* (ingl *Years Lost due to Disability*) ning seejärel need summeeritakse (59,60):

$$DALY = YLL + YLD. \quad (15)$$

Suremuse tõttu kaotatud eluaastad arvutatakse:

$$YLL = N \times L, \quad (16)$$

kus N – surmade arv, L – oodatav eluiga surma hetkel aastates (ingl *standard life expectancy at age of death in years*).

Autoliikluse müraga seletatavad kaotatud eluaastad südame isheemiatõve tõttu YLL_{IHD-N} on arvutatud järgmiselt:

$$YLL_{IHD-N} = YLL_{IHD-M} \times P \times PAF_{IHD,m,auto}, \quad (17)$$

kus, YLL_{IHD-M} – südame isheemiatõve suremuse tõttu kaotatud eluaastate arv Eestis ühe inimese kohta, P – autoliikluse mürale eksponeeritute arv, $PAF_{IHD,m,auto}$ – müra panusosis südame isheemiatõve surmadest autoliikluse tõttu. YLL_{IHD-M} oli Eestis IHME (*The Institute for Health Metrics and Evaluation*) andmetel 2015. aastal ühe inimese kohta 0,019277 (61).

Tervisekao tõttu kaotatud eluaastad arvutatakse:

$$YLD = I \times DW \times L, \quad (18)$$

kus I – haigestumus, DW – haiguskaal (ingl *disability weight*), L – haiguse keskmine kestus (ingl *average duration of the case until remission or death*) aastates. Haiguskaal (DW) on hinnang haiguse raskusele ja sellest tulenevale elukvaliteedi vähenemisele. Hinnatakse skaalal 0 (suurepärane tervis) kuni 1 (võrdne surmaga) (62).

Autoliikluse müraga seletatavad tervisekao tõttu kaotatud eluaastad südame isheemiatõppe haigestumise tõttu on arvutatud järgmiselt:

$$YLD_{IHD-N} = YLD_{IHD-I} \times P \times PAF_{IHD,i,auto}, \quad (19)$$

kus YLD_{IHD-I} – südame isheemiatõve tervisekao tõttu kaotatud eluaastate arv Eestis, P – autoliikluse mürale eksponeeritute arv, $PAF_{IHD,i,auto}$ – müra panusosis südame isheemiatõve esmashaigestumuses. YLD_{IHD-I} oli Eestis IHME andmetel 2015. aastal ühe inimese kohta 0,000962 (61).

Suure häirituse tõttu ja märkimisväärselt häiritud une tõttu kaotatud eluaastad on arvutatud järgmiselt:

$$DALY = DW \times N_{x,y}, \quad (20)$$

kus DW – haiguskaal, $N_{x,y}$ – inimeste arv, kellel on müraallikast x terviseväljund y . Haiguskaal unehäirete korral on WHO andmetel 0,07 (62) ja häiringu korral 0,02 (2).

4.3 Müra väliskulude arvutamine

Tervisemõjude rahalise väärtuse hindamiseks on kasutatud näitajat tervelt elatud eluaasta rahaline väärtus $VOLY$ (ingl *the monetary value of a life year*). $VOLY$ väärtuseks võeti 40 000 eurot (CI 25 000–100 000) vastavalt EL riikides tehtud küsitlustele (52). Järgnevas väliskulude arvutamises loetakse $DALY$ rahaline väärtus võrdseks $VOLY$ rahalise väärtusega (3).

Selleks, et teada saada liikluse müra väliskulude maksumus aastas korrutati müra poolt põhjustatud $DALY$ -de summa tervena elatud eluaasta rahalise väärtusega.

Hindamaks kahjusid pikema aja jooksul kui üks aasta, ei ole korrektne aastate maksumuse läbi korrutamine hinnatavate aastate arvuga, kuna inimesed ei ole nõus maksma sama palju raha kaotatud eluaasta eest kümne aasta pärast, kui nad on nõus maksma kohe praegu kaotatava eluaasta eest. Selleks et hinnata kahjusid pikemaajaliselt, kasutatakse diskonteerimist. Antud uuringus on võetud vastavalt WHO soovitusel diskonteerimise määraks 3% (63) ja arvutatud liiklusmüra väliskulud 20 aasta peale.

5. Tulemused

5.1 Eksponeeritus ja risk tervisetulemite tekkeks erinevatel müratasemetel

Pooled Tartu (50,1%) ja üle poole Tallinna (59,9%) elanikest puutuvad kokku ≥ 55 dB autoliikluse müraga L_{den} . Selline kokkupuude suurendab südame isheemiatõve suremuse riski 2–12% ning esmashaigestumuse riski 4–20% vastavalt müratasemele (tabel 1).

Tabel 1. Autoliikluse mürale eksponeeritute arv, sulgudes osakaal linna elanike arvust¹ päeva-õhtu-ööpäevaindikaatori L_{den} alusel, absoluutsed riskid ($AR_{hääritus}$) suure häiringu tekkeks ja suhtelised riskid surra ($RR_{IHD,m}$) või haigestuda ($RR_{IHD,i}$) südame isheemiatõppe erinevatel müratasemetel Tartus ja Tallinnas 2015. aastal

L_{den} (dB)	Eksponeeritute arv Tartus (10)	Eksponeeritute arv Tallinnas (11)	$AR_{hääritus}$, %	$RR_{IHD,m}$	$RR_{IHD,i}$
55–59	15 900 (16,6)	67 600 (16,2)	12,8	1,02	1,04
60–64	18 600 (19,5)	95 400 (22,8)	17,8	1,05	1,08
65–69	11 600 (12,1)	68 700 (16,4)	24,4	1,07	1,12
70–74	1600 (1,7)	18 200 (4,4)	32,8	1,1	1,16
≥ 75	100 (0,1)	800 (0,2)	42,8	1,12	1,2
Kokku	47 800 (50,1)	250 700 (59,9)			

¹Elanike arv Tartus 2015. aastal oli 95 510 ja Tallinnas 418 601 (58)

Eksponeeritus raudteeliikluse mürale on väiksem kui autoliikluse mürale, Tartus puutub ≥ 55 dB raudteeliikluse müraga L_{den} kokku 2800 elanikku (2,9%) (10) ja Tallinnas 3300 elanikku (0,8%) (11).

Öisele mürale L_{night} , millel on potentsiaal tekitada märkimisväärsed unehäireid on eksponeeritud 36,1% tartlastest ja 38,7% tallinlastest, kes elavad suure autoliiklusega piirkonnas (tabel 2). Kõrge raudteeliikluse öine müra mõjutab Tartus hinnanguliselt 2420 ja Tallinnas ligikaudu 2200 elanikku. Absoluutsed riskid (AR) erinevatel öömüra L_{night} tasemetel suurenevad kõrgematel liikluse müra tasemetel ning on madalamad autoliikluse kui raudteeliikluse müra korral. ≥ 70 dB öise müraga ei puutu keegi kokku ei Tartus ega Tallinnas.

Tabel 2. Eksponeeritute arv, sulgudes osakaal linna elanike arvust¹ öömüraindikaatori L_{night} alusel ja absoluutsed riskid (AR) märkimisväärsete unehäirete tekkimiseks erinevatel müratasemetel autoliikluse ja raudteeliikluse tõttu Tartus ja Tallinnas 2015. aastal

L_{night} (dB)	Eksponeeritute arv _{auto} Tartus (10)	Eksponeeritute arv _{auto} Tallinnas (11)	AR_{auto} , unehäired %	Eksponeeritute arv _{raudtee} Tartus (10)	Eksponeeritute arv _{raudtee} Tallinnas (11)	$AR_{raudtee}$, unehäired %
50–55	18 200 (19,1)	95 300 (22,8)	5,1	1000	1700	8,1
55–59	13 800 (14,5)	53 600 (12,8)	7,4	800	500	13,7
60–64	2200 (2,3)	13 000 (3,1)	10,3	600	0	21,2
65–69	200 (0,2)	100 (0,02)	13,8	20	0	30,7
≥70	0	0	18,0	0	0	42,1
Kokku	34 400 (36,1)	162 000 (38,7)		2420 (2,5)	2200 (0,5)	

¹Elanike arv Tartus 2015. aastal oli 95 510 ja Tallinnas 418 601 (58)

Kõige väiksem eksponeeritus on lennuliikluse mürale. Lennuliikluse müra L_{den} müratasemel 55–59 dB on mõjutatud Tallinnas 3100 inimest, mis on 0,7% Tallinna elanikest. Absoluutne risk suure häirituse tekkeks lennuliiklusest sellises müravahemikus on 31,3%. Tartus pole ekspositsiooni lennuliikluse mürale hinnatud kuna Tartu lennujaam on väljaspool Tartu linna territooriumi. Öisele lennuliikluse mürale $L_{night} \geq 50$ dB ei ole Tallinnas keegi eksponeeritud (11).

5.2 Liiklusmüraga seostatavad haigestumised, suremus, suure häirituse ja märkimisväärselt häiritud une esinemine

Autoliikluse müra tõttu sureb arvutuslikult südame isheemiatõppe aastas Tartus 4,2 (95% CI 0,0–10,2) ja Tallinnas 23,9 (95% CI 0,0–58,2) inimest, mis moodustab 2,3% kogu suremusest südame isheemiatõppe Tartus ja 3% Tallinnas (tabel 3). Kogusuremus südame isheemiatõppe 2015. aastal oli Tartus 174 ja Tallinnas 811 juhtu (56). Aastas avaldub südame isheemiatõbi Tartus ja Tallinnas kokku 146,3 inimesel põhjustatuna autoliikluse müra. Kuna uuringuid seoste leidmiseks raudteeliikluse müra ning lennuliikluse müra ja südame isheemiatõve vahel on tehtud veel vähe ja ei ole leitud piisavalt usaldusväärset annus-vastus seost, ei saanud me leida raudteeliikluse ja lennuliikluse müra mõju südame isheemiatõve suremusele ja avaldumisele.

Tabel 3. Autoliikluse müraga seletatav südame isheemiatõve surmajuhtude ja esmashaigestumuse juhtude arv

	Tartu (95% CI)	Tallinn (95% CI)
Suremus	4,2 (0,0–10,2)	23,9 (0,0–58,2)
Esmashaigestumus	21,8 (2,9–38,6)	124,5 (16,5–220,3)

Liiklusrumast L_{den} tulenev suur häiritus esineb arvutuslikult 9,7% tartlastest ja 12,0% tallinlastest (tabel 4). Peamiselt häirib elanikke autoliikluse müra. Raudteeliikluse ja lennuliikluse poolt häiritud inimeste arv jääb alla 1% elanikest.

Tabel 4. Liiklusrumast L_{den} põhjustatud suure häiritusega elanike arv, sulgudes osakaal linna elanike koguarvust¹

	Tartu	Tallinn	Kokku
Autoliiklus	8744 (9,2)	48 709 (11,6)	57 453 (11,2)
Raudteeliiklus	593 (0,6)	530 (0,1)	1123 (0,2)
Lennuliiklus	pole hinnatud	970 (0,2)	
Kokku	9337 (9,7)	50 209 (12,0)	59 546 (11,6)

¹Elanike arv 2015. aastal oli Tartus 95 510 ja Tallinnas 418 601 (58)

Öise liiklusrumä L_{night} poolt põhjustatud märkimisväärselt häiritud und esineb 2,6% Tartu ja 2,5% Tallinna linna elanikel (tabel 5). Peamise osa unehäiretest põhjustab eksponeeritus autoliikluse mürale. Raudteeliikluse müra põhjustatud märkimisväärselt häiritud unega inimesi on Tartus enam kui Tallinnas. ≥ 50 dB öisele lennuliikluse mürale pole kummaski linnas keegi eksponeeritud.

Tabel 5. Liiklusrumast L_{night} põhjustatud märkimisväärselt häiritud unega elanike arv, sulgudes osakaal linna elanike koguarvust¹

	Tartu	Tallinn	Kokku
Autoliiklus	2204 (2,3)	10 180 (2,4)	12384 (2,4)
Raudteeliiklus	324 (0,3)	206 (0,05)	530 (0,1)
Lennuliiklus	pole hinnatud	0	
Kokku	2 528 (2,6)	10 386 (2,5)	0

¹Elanike arv Tartus oli 2015. aastal 95 510 ja Tallinnas 418 601 (58)

5.3 Liiklusmüra haiguskoormus

Kokku kaotatakse liiklusmüra tõttu uuritud terviseväljundite alusel Tartu linnas 409 tervelt elatud aastat (4282 *DALY*/ miljoni inimese kohta) ja Tallinna linnas 1987 tervelt elatud aastat (4641 *DALY*/ miljoni inimese kohta) aastas (tabel 6). Kõige suurema liiklusmüra haiguskoormuse põhjustab kokkupuude autoliikluse müraga – 96,7% haiguskoormusest. Raudteeliikluse ja lennuliikluse müra on oluliselt väiksema mõjuga nii Tartus (raudteeliikluse müra 8,6% *DALY*-dest) kui ka Tallinnas (kokku 2,2% *DALY*-dest). Peamine osa liiklusmüra haiguskoormusest tuleb suure häirituse tõttu (48,9% *DALY*-dest), järgneb märkimisväärselt häiritud uni (37,7% *DALY*-dest) ning südame isheemiatõbi moodustab 12,6% *DALY*-dest aastas.

Tabel 6. Liiklusmüra haiguskoormus Tartus ja Tallinnas 2015. aastal. IHD – südame isheemiatõbi, Häiritus – suur häiritus, Unehäired – märkimisväärselt häiritud uni

	Tartu			Tallinn			Kokku
	<i>YLD</i>	<i>YLL</i>	<i>DALY</i>	<i>YLD</i>	<i>YLL</i>	<i>DALY</i>	<i>DALY</i>
Autoliiklus			374			1943	2317
IHD	3	42	45	19	238	256	301
Häiritus			175			974	1149
Unehäired			154			713	867
Raudteeliiklus			35			25	60
Häiritus			12			11	23
Unehäired			23			14	37
Lennuliiklus							
Häiritus						19	19
Kokku			409			1987	2396

5.4 Liiklusmüra väliskulud

Arvestades ühe *DALY* väärtuseks 40 000 (*CI* 25 000–100 000) eurot (52), on liiklusmüra tõttu kaotatud tervelt elatud eluaastate väärtus Tartus keskmiselt 16,4 miljonit eurot ja Tallinnas 79,4 miljonit eurot aastas. Kokku on väliskulud kahe linna peale keskmiselt 95,8 miljonit eurot aastas, mis moodustab arvutuslikult Eesti *SKP*-st 0,34% (tabel 7) (64).

Tabel 7. Liiklusmüra tõttu kaotatud tervelt elatud eluaastate keskmine väärtus 2015. aastal Tartu ja Tallinna linnas. Sulgudes on minimaalne ja maksimaalne väärtus vastavalt *VOLY* usaldusvahemikule *CI* 25 000–100 000

	Tartu, miljonit €	Tallinn, miljonit €	Kokku, miljonit €
Autoliiklus	15,0 (9,3–37,4)	77,7 (48,6–194,3)	92,7 (57,9–231,7)
Raudteeliiklus	1,4 (0,9–3,5)	1,0 (0,6–2,5)	2,4 (1,5–6,0)
Lennuliiklus		0,7 (0,5–1,9)	0,7 (0,5–1,9)
Kokku	16,4 (10,2–40,9)	79,4 (49,7–198,7)	95,8 (59,9–239,6)

Arvestades diskonteerimismääraks 3% on aastatel 2015–2034 rahaline kahju liiklusmüra tervisemõjude tõttu kokku Tartus 0,24 miljardit eurot ja Tallinnas 1,18 miljardit eurot (tabel 8). Peamine osa rahalisest kahjust tuleneb autoliikluse müra Tallinnas (1,38 miljardit eurot). Arvestades *VOLY* usaldusvahemikku, kõigub minimaalsete ja maksimaalsete kahjude vahe küllaltki suurelt. Tallinnas võib autoliikluse müra tõttu tulenev rahaline kahju 20 aasta jooksul ulatuda 0,86 miljardist kuni 3,46 miljardi euroni.

Tabel 8. Liiklusmüra tõttu kaotatud tervelt elatud aastate rahaline väärtus aastatel 2015–2034 Tartus ja Tallinnas. Sulgudes on minimaalne ja maksimaalne väärtus vastavalt *VOLY* usaldusvahemikule *CI* 25 000–100 000

	Tartu, miljardit €	Tallinn, miljardit €	Kokku, miljardit €
Autoliiklus	0,22 (0,14–0,56)	1,16 (0,72–2,9)	1,38 (0,86–3,46)
Raudteeliiklus	0,02 (0,01–0,04)	0,01 (0,008–0,03)	0,03 (0,02–0,07)
Lennuliiklus		0,01 (0,006–0,02)	0,01 (0,006–0,02)
Kokku	0,24 (0,15–0,60)	1,18 (0,73–2,95)	1,42 (0,89–3,55)

6. Arutelu

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata liiklusrüü (autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse poolt tekitatud müra) terviseerõjused Tartu ja Tallinna linnas. Hindamine toimus vastavalt Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 kirjeldatud keskkonnamüra hindamise metoodikale (9). Kuna mainitud direktiiv avaldati vaid kaks kuud enne magistritöö valmimist (eelnõu oli küll kättesaadav varem), on tegemist ühe esimese korraga, kui seda uut metoodikat kasutatakse. Hinnatavateks terviseväljunditeks valiti vastavalt mainitud direktiivile suuremus ja esmashaigestumus südame isheemiatõppe, suur häiritus ja märkimisväärselt häiritud uni. Nende terviseväljundite kohta töötati välja ühtne terviseerõjude hindamise metoodika ja pandi kirja direktiivi, milliste terviseväljundite kohta oli WHO hinnangul olemas aastal 2015 usaldusväärne epidemioloogiline tõendus (4, 24, 30, 40).

Magistritöö tulemusena leiti, et autoliiklusest põhjustatuna lisandub igal aastal Tartus ja Tallinnas kokku 28 enneaegset surmajuhtu ja 146 esmashaigestumise juhtu südame isheemiatõve tõttu aastas. Sarnase terviseerõjude hindamise on teinud ka Euroopa Keskkonnaagentuur kõigi oma liikmesriikide kohta ning avaldanud tulemused oma kodulehel. Nende arvutuste järgi suri kogu Eestis 2015. aastal enneaegselt südame isheemiatõppe autoliikluse müra tõttu 61 inimest, raudteeliikluse müra tõttu üks inimene, ning tööstuse müra tõttu samuti üks inimene. Lisandunud haigusjuhud südame isheemiatõppe on 187 autoliikluse müra tõttu, 3 raudteeliikluse müra tõttu, 1 lennuliikluse müra tõttu ja 2 tööstuse müra tõttu aastas (65). Saadud tulemused on kõrgemad kui käesolevas magistritöös leitud. Esiteks on erinevuse põhjuseks asjaolu, et Euroopa Keskkonnaagentuur arvestas kogu Eesti mõjude, mitte vaid kahe suurema linnaga. Teine oluline erinevus on kasutatud suuremuse ja -haigestumuse andmed. Nimelt on Euroopa Keskkonnaagentuuri kasutataves WHO andmebaasides (66) ennustatav suuremus südame isheemiatõve tõttu oluliselt kõrgem kui TAI Tervise statistika ja terviseuuringute andmebaasis. Näiteks 2015. aastal eeldati WHO poolt Eestis 5532 surma südame isheemiatõve tõttu, samas kui Eesti statistika alusel oli neid 3175. Pea kahekordne erinevus algandmetes hindab ka liiklusrüü mõju kaks korda suuremaks. Kui Euroopa Keskkonnaagentuur on leidnud ka enneaegse suuremuse raudteeliikluse, lennuliikluse ja tööstuse müra tõttu, siis Euroopa Komisjoni direktiivi (EL) 2020/367 (9) väljatöötanud tööühma arvates puuduvad piisavalt tõendatud annus-vastus seosed.

Suurbritannia 393 091 elanikuga Bradford linnas tehtud terviseerõjude hindamise käigus leiti, et liiklusrüü vähendamine päeval alla 55 dB ja öösel alla 40 dB hoiaks ära 15 surma aastas. Suurem mõju linna elanikele leiti olevat ebapiisaval liikumisel kui müral ja

õhusaastel (67). Õhusaastuse tervisemõjusid on Eestis hinnatud nii Tartus (68) kui ka Tallinnas (69) ning õhusaastuse tõttu põhjustatud kardiopulmonaarsete surmade arvuks saadi Tartus 64 ja Tallinnas 229. Käesolevas magistritöös leiti liikluse müra tõttu Tartus 4 ja Tallinnas 24 lisanduvat surmajuhtu aastas, mis on suurusjärgu võrreldav või vähem kui õhusaastuse tõttu, kuid käesolevas hindamises oli arvestatud ainult südame isheemiatõve surmadega. Kirjanduses on tõendeid ka liikluse müra mõjust teiste haigustega seotud suremusele (8), näiteks insult (27), suitsiid (70), vähk (47). Seega võib liikluse müra tervisekahju olla tegelikult suurem kui käesolevas magistritöös leitud. Käesolevas hindamises puudub ka rongiliikluse ja lennuliikluse mõju suremusele, kuigi seda on mõnes uuringus näidatud (5), kuid praeguste WHO hinnangute põhjal on see mõju veel vähe tõestatud kuna uuringuid on veel vähe (8).

Houstonis, Ameerika Ühendriikides Texasese leiti, et südame-veresoonkonna haigustesse suremus põhjustatuna liikluse müra (autoliiklus ja lennuliiklus) on sama suur kui on surmad liikluse õnnetuste tõttu (vastavalt 302 surma ja 330 surma aastas) (71). Võrdluseks võib tuua, et 2015. aastal hukkus sõidukiõnnetustes Tartus 5 ja Tallinnas 19 inimest (56) mis on võrreldav käesolevas töös autoliikluse müra põhjustatud südame isheemiatõve surmajuhtudega (vastavalt 4 ja 24).

Suur häiritus esineb kokku Tartus ja Tallinnas pea 60 000 elanikul (11,6% elanike arvust) ning peamiselt häirib inimesi autoliiklus (hinnanguliselt enam kui 57 000 elanikku). Raudteeliikluse ja lennuliikluse poolt häiritud inimeste arv jääb alla 1% elanikest mõlemas linnas. Raudteeliikluse tõttu on suure häiringuga kokku mõlemas linnas 1123 elanikku. Antud tulemused on veidi kõrgemad Euroopa Keskkonnaagentuuri arvutustest, mille kohaselt on Eestis suur häiritus põhjustatuna autoliiklusest 46 635 elanikul, raudteeliiklusest 882 elanikul, lennuliiklusest 740 elanikul ja tööstusest 669 elanikul (65). Suure häiritusega inimeste osakaal on Tartu ja Tallinna linnas sarnane.

Öise autoliikluse müra L_{night} poolt põhjustatud märkimisväärselt häiritud und esineb Tartus ja Tallinnas kokku 12 384 (2,4%) inimesel. Öise raudteeliikluse müra tõttu on märkimisväärselt häiritud und 530 (0,1%) inimesel ja lennuliikluse tõttu ei peaks arvutuste alusel olema märkimisväärselt häiritud kellegi uni. Käesolevas töös saadud tulemused on natuke suuremad kui Euroopa Keskkonnaagentuuri tervisemõjude hindamises, mille põhjal märkimisväärsed unehäired esinevad Eestis põhjustatuna autoliiklusest 9973 inimesel, raudteeliikluse müra 411 inimesel, tööstusest 204 inimesel ja lennuliikluse müra mõju unehäiretele ei täheldatud (65).

Kuigi Tallinnas elab oluliselt rohkem inimesi kui Tartus, on raudteeliikluse müra põhjustatud märkimisväärselt häiritud unega inimeste arv suurem Tartus kui Tallinnas. Põhjuseks on siin asjaolu, et Tartu linnas elab enam inimesi raudtee lähedal, kus müratasemed on kõrgemad ning ilmneb märkimisväärselt häiritud uni. Seega Tartus tuleks pingutada rohkem kui Tallinnas, et vähendada öist raudteeliikluse müra.

Kokku põhjustab liikluspõhine tervisevähk Tartu linnas 409 tervisekaoga eluaastat (4282 *DALY* miljoni inimese kohta) ja Tallinna linnas 1987 tervisekaoga eluaastat (4641 *DALY* miljoni inimese kohta) aastas. Käesoleva töö põhjal leitud haiguskoormus on suurem kui hindas oma töös Hänninen *et al.* (2014). Selles töös hinnati erinevate keskkonnategurite haiguskoormust Euroopa kuues riigis ning leiti, et õhusaastus (eriti peened osakesed, $PM_{2,5}$) põhjustab 6000–10000 *DALY* miljoni elaniku kohta aastas. Radooni, liikluspõhine ja passiivse suitsetamise haiguskoormused leiti selles uuringus olevat sarnased, jäädes vahemikku 600–1200 *DALY* miljoni elaniku kohta aastas (72).

Müra tõttu kaotatud eluaastaid on käesoleva magistr töö arvutuste kohaselt Tartus 42 *YLL* ja Tallinnas 238 *YLL*. Kui võrrelda seda tulemust Tartus (68) ja Tallinnas (69) tehtud õhusaastuse tervisemõjude hindamisega, siis võib öelda, et müra tervisemõju on suurusjärgu võrra väiksem kui õhusaastuse mõju. Tartus hinnati õhusaastuse tõttu kaotatud eluaastate arvuks 879 *YLL* ja Tallinnas 3859 *YLL*. WHO hinnangul (8) on müra tervisemõju õhusaastuse tervisemõju järel siiski teisel kohal kõigist tervist mõjutavatest keskkonnateguritest Euroopas.

Käesoleva magistr töö tulemustest selgus, et 96,7% liikluspõhise haiguskoormusest Tartus ja Tallinnas kokku tuleneb autoliikluse müra põhjustamisest. Võrreldes Euroopa keskmisega, on Tartus ja Tallinnas autoliikluse osakaal tervisemõjude põhjustamises suhteliselt suurem kui raudteeliikluse ja lennuliikluse osa (18). Euroopa Keskkonnaagentuur leidis oma keskkonnamüra tervisemõjude hindamises, et ka Euroopas põhjustab peamise osa liikluspõhise haiguskoormusest autoliikluse müra, ent vaid 75%, millele järgnevad raudteeliikluse müra (20%) ja lennuliikluse müra (4%). Käesoleva magistr töö arvutuste kohaselt põhjustab nii Tartus kui ka Tallinnas raudteeliikluse müra ja lennuliikluse müra kokku vähem kui 9% *DALY*-dest. Saksamaal tehtud liikluspõhise tervisemõjude hindamises põhjustas suurima haiguskoormuse samuti autoliiklus, millele järgnes lennuliiklus ja siis raudteeliiklus. Kõige suurem unehäiretest põhjustatud haiguskoormus oli aga raudteeliiklusel, sest väga paljud Saksamaa elanikud on öösiti eksponeeritud raudteeliikluse mürale (73). Meil põhjustab ka unehäireid rohkem autoliikluse müra (867 *DALY* aastas) kui raudteeliikluse ja lennuliikluse müra kokku (79 *DALY* aastas).

Käesoleva töö andmetel moodustavad liiklusrüüha haiguskoormuse peamiselt suur häiritus (48,9% *DALY*-dest) ja unehäired (37,7% *DALY*-dest). See tulemus on sarnane WHO keskkonnamüüha tervise mõjude hindamisele, kus leiti samuti et unehäired ja häiritus, mis on peamiselt seotud just autoliikluse müüraga, moodustab peamise osa keskkonnamüüha põhjustatud haiguskoormusest (2).

Käesolevas töös ilmnes, et Tartus ja Tallinnas on liiklusrüüha põhjustatud väliskulu kokku 0,10 miljardit eurot aastas, mis moodustab 0,34% *SKP*-st (64). Peamine osa rahalisest kahjust tuleneb autoliikluse müüra (0,09 miljardit), vähem põhjustab kahju raudteeliiklus (0,002 miljardit ja lennuliiklus (0,0007 miljardit). Tulemused on natuke väiksemad kui Euroopa Komisjoni arvutused (3), kus kogu Eesti autoliikluse müüha väliskuluks hinnati 0,13 miljardit, raudteeliikluse väliskuluks 0,003, ning Tallinna lennujaama müüha väliskuluks 0,00039 miljardit eurot aastas. Küll on Euroopa Komisjonil müüha kahjuste hindamise metoodika (3) natuke erinev arvutusest käesolevas töös. Euroopa Komisjon on võtnud oma väliskulude arvutuste aluseks Defera 2014. aastal avaldatud uurimistöö (74), kus leiti 1dB väliskulu ühe isiku kohta aastas. Näiteks autoliiklus müüha väliskulu ühe isiku kohta aastas müüra tasemete vahemikus 60–64 dB on 6 eurot ning müüra tasemete vahemikus 55–59 dB 3 eurot aastas. Mõnevõrra on ka erinevad terviseväljundid, mille põhjal kulud arvutati. Euroopa Komisjoni töösse kaasati häiritus, kõrge vererõhk, produktiivsuse langus, kuid välja jäeti unehäired (3). Sarnaselt magistriritöö tulemusele, leiavad ka nemad, et peamine osa liiklusrüüha rahalisest kahjust tuleneb autoliiklusest (83%), ning et autoliiklusest omakorda moodustavad peamise osa isiklikud sõidua autod ja kaubavedu. Oluliselt väiksem osa on ühistranspordil (3).

Rahaliste kahjuste hindamise puhul üheks võimaluseks, mida kasutati ka antud magistriritöös, on arvutada väliskulusid, mis põhinevad *VOLY* rahalise väärtuse hindamisel (3). Need arvutused mõõdavad keskkonnamõjuga kaasnevat ebamugavustunnet ja valu ning põhinevad inimeste maksevalmidusel (*WTP*), et ära hoida surmasid või pikendada eluiga. Teine võimalus on arvutada otseseid kulusid, näiteks hospitaliseerimise kulud, kulud seoses haiglas veedetud aja eest makstud töövõimetushüvitistega jms. Eelnevad uurimistööd on näidanud, et otsesed kulud on oluliselt väiksemad kui väliskulud (51). Näiteks osooni õhusaaste tervise mõju hindamises 2016. aastal (75) saadi õhusaaste väliskuludeks kogu Eestis 241,2 miljonit eurot, otsesed kulud hinnati olevat vaid 1,22 miljonit eurot. Otsesed kulud näitavad keskkonnateguri mõju pigem ühiskonna vaatepunktist, väliskulud aga üksikisiku vaatepunktist (3).

Euroopa Komisjon lubab väliskulude hindamise käsiraamatus võrdsustada *DALY* rahalise väärtuse *VOLY* väärtusega (3). Sarnast lähenemist on kasutanud ka käesolevas magistriritöös. Samas kasutatakse ka lähenemist kus *YLL* võrdsustatakse *VOLY* väärtusega (76), kuna maksevalmiduse hindamisel saame teada, kui palju on inimene nõus maksma, et ära hoida

surma või pikendada oma eluiga. Müra tervisemõjude hindamisel ilmneb aga osa tervisemõjust haiguskoormusega elatud eluaastate läbi, mille maksevalmiduse kohta puuduvad uuringud. Sellise lähenemise puhul ei oleks me saanud hinnata suure häirituse ja märkimisväärsete unehäirete väliskulusid. Euroopa komisjoni väliskulude hindamise käsiraamat toob ka välja, et kuigi *VOLY* väärtuse võib võrdsustada *DALY* väärtusega, on teadlased arvamusel, et *DALY* väärtus peaks olema suurem kui *VOLY* väärtus (3). Sellist lähenemist on kasutanud väliskulude hindamisel Euroopa Keskkonnaagentuur, kus ühe *DALY* maksumuseks arvestati 78 000 eurot (18). Selles valguses on magistritöös leitud väliskulud pigem alahinnatud, sest meie võtsime *DALY* väärtuseks 40 000 eurot vastavalt Euroopas tehtud *WTP* uuringu soovitustele (52).

Magistritöö tulemuste tõlgendamisel tuleb arvestada ka inimeste erineva müratundlikkusega. Mitmed uuringud on näidanud, et madalama sissetulekuga inimestel on ka kõrgem suremus liiklusrumora tõttu (18, 71) ning nad kaebavad rohkem häiritust (77). Suurem mõju võib olla lastele, vanuritele, vahetustega töötajatele, kroonilise haigusega inimestele ja rasedatele (18).

Magistritöö tugevused

Käesoleva magistritöö teema on aktuaalne, sest liiklusrumora tervisemõjud tõenäoliselt järjest suurenevad, kuna toimub linnastumise protsess ja jätkub ka liikluse kasv (3). Kuigi paljudes Euroopa maades on juba kasutusele võetud müravähendavaid meetmeid, ei ole eksponeeritute arv liiklusrumoral vähenenud (18). Magistritöö põhineb uuel (2020. aastal avaldatud) Euroopa Liidu ühtsel keskkonnamüra hindamise metoodikal (9). Käesolev magistritöö aitab paremini mõista liiklusrumora mõjusid tervisele.

Magistritöö nõrkused ja piirangud

Antud magistritöö tulemused tõenäoliselt alahindavad tegelikku liiklusrumora tervisemõju, kuna käesolevas töös hinnati tervisemõjusid vaid suurele häiritusele, märkimisväärselt häiritud unele, südame isheemiatõve haigestumisele ja suremusele. Samas on kirjanduses tõendeid palju enamate terviseväljundite kohta, nt diabeet (41–44), depressioon (37–40, 70), sünnidefektid (6, 36, 78), rasvumine (45, 46), kõrge vererõhk (79), insult (25). Antud tervisemõjude hindamises need mõjud aga ei kajastu. Põhjus miks neid terviseväljundeid ei kaasatud on see, et müra tervisemõjude uurimine on teaduses uus teema, kus on küll avaldatud palju läbilõikelisi uuringuid, aga pikaajalisi kohortuuringuid, juhtkontrolluuringuid ja kliinilisi katseid on veel vähe. Käesolevas töös lähtuti hinnatavate terviseväljundite leidmisel Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 (9) kirjeldatud metoodikast, mis omakorda lähtus metaanalüüsist, mis tehti WHO keskkonnamüra juhiste (8) välja töötamiseks (4, 6, 24, 30, 40). Need

metaanalüüsid analüüsisid uuringute tulemusi, mis olid avaldatud kuni 2015. aastani ning paljude tervisemõjude puhul näitas GRADE hindamine, et tõendus pole terviseväljundi ja liiklusrütm annus-vastus seostele veel piisav. Tänapäevaks on aga uuemaid uuringuid juurde tulnud, mis pigem kinnitavad müra mõju ka teistele tervisetulemitele peale töös käsitletute, näiteks diabeet (41, 43, 44), rasvumine (25, 45), kõrge vererõhk (79), depressioon (37–40, 70) ja mõju sünninäitajatele (6, 78). Uue uurimisteenuseks on lisandunud ka vähk (47), mille kohta WHO tol hetkel hinnangut ei andnud. Ebapiisava tõenduse tõttu on antud töös arvatamata ka raudteeliikluse müra ja lennuliikluse müra põhjustatud enneaegne haigestumus ja suurem südame isheemiatõppe. Kui kirjeldatud annus-vastus seosed osutuvad tulevikus piisavalt tõestatuteks, siis liiklusrütm põhjustatud arvutuslik surmade ja haigestumiste arv oluliselt suureneb.

Lisaks ei ole käesolevas tervisemõjude hindamises arvestatud sellega, et osad inimesed võivad olla eksponeeritud mitmele müraallikale korraga ning sellisel juhul võib olla haigestumise ja suuremuse risk tegelikult suurem. Nendel, kes on eksponeeritud mitmele müraallikale korraga on suurem šans haigestuda depressiooni kui neil keda mõjutab ainult üks liiklusrütm allikas (38). Samasugust mõju näitas ka hiljutine Rootsis tehtud kohortuuring, kus risk haigestuda südame isheemiatõppe (HR 1,57; 95% CI 1,06–2,32 10 dB L_{den} suurenemise kohta) oli kõrgem, kui inimesi mõjutas korraga autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse müra (25). Käesolevas magistritöös on arvestatud südame isheemiatõppe haigestumise riskiks RR 1,08 (95% CI 1,01–1,15) 10 dB müra suurenemise kohta (9).

Kolmandaks nõrkuseks on asjaolu, et antud töö tervisemõjud on hinnatud müraindikaatori (L_{den}) puhul alates müratasemest 55 dB ja L_{night} puhul alates müratasemest 50 dB. Tegelikult on tervisemõjusid näidatud ka juba väiksematel müratasemetel. WHO soovitude järgi ei tohiks L_{den} ületada 53 dB autoliikluse, 54 dB raudteeliikluse ja 45 dB lennuliikluse korral ning L_{night} 45 dB autoliikluse, 44 dB raudteeliikluse ja 40 dB lennuliikluse korral (8). Paljud uuringud on aga tervisemõjusid näidanud alates veelgi madalamatest tasemetest, näiteks tõuseb depressioonirisk juba alates müratasemetest $L_{pAeq,24h}$ 40 dB (38), unehäireid on märgatud alates öisest müra L_{Amax} 33 dB (15), ülekaalulisuse risk tõuseb alates 45 dB L_{den} (45) ning kognitiivsed võimed võivad halveneda alates 35 dB L_{Amax} keskendumist nõudva tegevuse ajal (15).

Ettepanekud

Käesoleva magistritöö tulemustest selgus, et peamise osa haiguskoormusest ja väliskuludest põhjustab eksponeeritus autoliikluse mürale. Rongiliikluse ja lennuliikluse tervisemõjud on võrreldes autoliikluse mõjuga nii Tallinnas kui Tartus väikesed. Seetõttu tuleks liiklusrütm

tervisemõjude vähendamisel suunata põhitähelepanu autoliiklusele. Samad meetmed, mis aitavad vähendada õhu saastust, aitavad vähendada ka müra: näiteks linnaplaneerimine nii, et suuremad teed oleks eemal elamualadest ja laialdasem elektriautode kasutamine (18). Kuna peamise liikluse müra rahalise kahju põhjustavad isiklikud sõidua autod ja kaubavedu maanteedel (3) aitaks nii õhusaastuse kui ka müra tervise mõjude vähendamisele kaasa suurem ühistranspordi kasutus ja kaupade veo suunamine raudteele. Meil juba elab Tallinnas vähe inimesi raudteede lähedal, kuid liikluse suunamisel sinna tuleks raudtee läheduses elavate inimeste arvu veelgi vähendada või kaitsta neid müra eest muude vahenditega (nt müratõkked). Müra vähendaks ka piirkiiruste vähendamine, sest alates sõiduauto kiirusest 50 km/h on veeremismüra suurem mootorimürast (16). Veeremismüra saab iga autoomanik ise vähendada kasutades madalama müratasemega rehve jälgides vastavat märgistust rehvide dokumentatsioonis.

Oluline on ka vaiksete alade ja rohealade säilitamine või uute vaiksete alade loomine linnaruumi. Euroopa Keskkonnaagentuur toob välja, et oluline on vaikne ala hästi defineerida ja teada millistele kriteeriumitele see täpselt peab vastama (18). Eestis on vaikne ala defineeritud keskkonnaministri määruses (54), kuid nende loomisele ja säilitamisele tuleks praktilises elus rohkem tähelepanu pöörata. Vaiksed alad saab ühendada ka rohealadega, mis vähendavad märkimisväärselt häiritust mürale isegi siis, kui tegelik müratase ei lange (80). Kuna müra mõju tervisele ei sõltu ainult müra akustilistest omadustest vaid ka inimeste vastuvõtlikkusest mürale, saab müra tervise mõjusid vähendada ka linnadele looduslikuma ilme andmisega. On näidatud, et müra häiring väheneb samal müratasemel oluliselt kui elanike aknast paistab kaunis loodusvaade või kui on kuulda linnulaulu. Samasugust mõju on näidatud ka koolides, haiglates ja töökohtades. Kauni loodusvaate korral võivad inimesed taluda kuni 10 dB kõrgemat müra, ilma et see suurendaks müra häiringut (80).

Rohkem tuleks arvestada müratundlike inimeste ja müratundlike hoonetega ning võiks kaaluda müratasemete suurema piiramisega. Näiteks on Eestis lubatud haiglate ja elamute teepoolsel küljel öösel müratase L_n 60 dB (53), kuid WHO hinnangul on ohutu alla 45 dB L_{night} (8). L_n ja L_{night} mõõtmismetoodikad on sarnased ja neid võib omavahel võrrelda, kuid L_d tuleb keskmiselt L_{den} -st 2 dB madalam (10), mistõttu võiksid Eesti seadusandluse piirnormid olla pigem rangemad, kuid praegu on nad leebemad kui WHO soovitus (8). Kindlasti tuleks jätkata liikluse müra ja tervise väljundite annus-vastus seoste uurimisega ning vastavalt uutele uuringutele täiendada tervise mõjude hindamise metoodikat ning teha uusi liikluse müra tervise mõjude hindamisi.

7. Järeldused

Käesolevas magistritöös hinnati liiklusriskide terviseriskid Tartu ja Tallinna linnas. Magistritöö tulemuste põhjal saab teha järgmised järeldused:

1. Autoliikluse müra põhjustatuna lisandub Tartus ja Tallinnas kokku 28 enneaegse surma ja 146 esmashaigestumise juhtu südame isheemiatõppe aastas.
2. Liiklusriskide põhjustatud suur häiritus esineb 9,7% Tartu ja 12,0% Tallinna elanikel. Liiklusriskide põhjustatud märkimisväärselt häiritud und esineb 2,6% Tartu ja 2,5% Tallinna elanikel.
3. Tartus on müra põhjustatud haiguskoormus 409 ja Tallinnas 1987 *DALY* aastas. Peamise osa haiguskoormusest moodustavad häiritus ja unehäired, mis on põhjustatud autoliikluse müra.
4. Tartus ja Tallinnas on liiklusriskide põhjustatud väliskulu kokku 95,8 miljonit eurot aastas, mis moodustab 0,3% *SKP*-st. Aastatel 2015–2034 on liiklusriskide väliskulud kokku 1,42 miljardit eurot, millest põhiline osa tekib Tallinnas autoliikluse tõttu.

8. Kasutatud kirjandus

1. CEC. Future Noise Policy. European Commission Green Paper. Brussels: Commission of the European Communities; 1996. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:51996DC0540&from=EN>).
2. WHO. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Bonn: WHO European Centre for Environment and Health; 2011. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf).
3. EC. Handbook on the external costs of transport: Version 2019. Brussels: European Commission; 2019. (<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-handbook-isbn-978-92-79-96917-1.pdf>).
4. Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R, et al. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and annoyance. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14:1539.
5. Van Kempen E, Cases M, Pershagen G, et al. Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise: systematic evidence review in the framework of the development of the WHO environmental noise guidelines for the European Region. RIVM Report; 2017. (<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0078.pdf>).
6. Nieuwenhuijsen M, Ristovska G, Dadvand P, et al. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14:1252.
7. Der Spiegel. Alles bebt (<https://www.spiegel.de/spiegel/print/d-46106751.html>).
8. WHO. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). Copenhagen: World Health Organization; 2018. (<http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>).
9. Komisjoni direktiiv (EL) 2020/367, 4. märts 2020, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ III lisa seoses keskkonnamüra kahjuliku mõju hindamise meetodi kehtestamisega. *OJEC* 2020; 5.3(L. 67):132–6.
10. KIK. Tartu linna välisõhu strateegilise mürakaardi ajakohastamine. Tartu: Keskkonnainvesteeringute Keskus; 2017. (<https://www.tartu.ee/et/uurimused/tartu-linna-valisohu-strateegilise-murakaardi-ajakohastamine>).
11. Antos P, Juhkama H, Lind S. Tallinna linna välisõhu strateegilise mürakaardi ajakohastamine. Seletuskiri. 2017; (<https://www.tallinn.ee/est/keskkond/murakaart-2017>).
12. Stallen PJM. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise Health* 1999;1:69–80.
13. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *OJ* 2002;18.7(L 189):12–25.

14. Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid. RT I, 21.12.2016, 27.
15. Basner M, Babisch W, Davis A, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet* 2014;383:1325–32.
16. Lahti T. Keskkonnamüra hindamine ja müra leviku tõkestamine: Keskkonna-alane käsiraamat. Ökokratt; 2010. (<https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:124406>).
17. Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid. SM määrus 04.03.2002 nr 42. RT I, 08.02.2017.
18. EEA. Environmental noise in Europe – 2020. Luxembourg: European Environment Agency; 2020. (<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>).
19. Jauhiainen T, Vuorinen H, Heinonen-Guzejev M. Keskkonnamüra mõjud. Ökokratt 2010. (http://www.okokratt.ee/myra2010/esitlused/Myra_maju_tervisele.pdf).
20. van Kamp I, Job RFS, Hatfield J, et al. The role of noise sensitivity in the noise–response relation: a comparison of three international airport studies. *J Acoust Soc Am* 2004;116:3471–9.
21. Heinonen-Guzejev M, Vuorinen HS, Mussalo-Rauhamaa H, et al. The association of noise sensitivity with coronary heart and cardiovascular mortality among Finnish adults. *Sci Total Environ* 2007;372:406–12.
22. Schreckenberg D, Griefahn B, Meis M. The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise Health* 2010;12:7–16.
23. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14:1139.
24. van Kempen E, Casas M, Pershagen G, et al. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15:379.
25. Pyko A, Andersson N, Eriksson C, et al. Long-term transportation noise exposure and incidence of ischaemic heart disease and stroke: a cohort study. *Occup Environ Med* 2019;76:201–7.
26. Tétéault L-F, Perron S, Smargiassi A. Cardiovascular health, traffic-related air pollution and noise: are associations mutually confounded? A systematic review. *Int J Public Health* 2013;58:649–66.
27. Sørensen M, Lühdorf P, Ketzel M, et al. Combined effects of road traffic noise and ambient air pollution in relation to risk for stroke? *Environ Res* 2014;133:49–55.
28. Hughes RW, Jones DM. Indispensable benefits and unavoidable costs of unattended sound for cognitive functioning. *Noise Health* 2003;6:63–76.
29. Daiber A, Kröller-Schön S, Frenis K, et al. Environmental noise induces the release of stress hormones and inflammatory signaling molecules leading to oxidative stress and vascular dysfunction – signatures of the internal exposome. *BioFactors* 2019;1506.

30. Basner M, McGuire S, Basner M, et al. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15:519.
31. WHO. Constitution. (<https://www.who.int/about/who-we-are/constitution>).
32. Brink M, Schäffer B, Vienneau D, et al. A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise. *Environ Int* 2019;125:277–90.
33. Ouis D. Annoyance from road traffic noise: a review. *J Environ Psychol* 2001;21:101–20.
34. Hohmann C, Grabenhenrich L, de Kluizenaar Y, et al. Health effects of chronic noise exposure in pregnancy and childhood: a systematic review initiated by ENRIECO. *Int J Hyg Environ Health* 2013;216:217–29.
35. Ristovska G, Laszlo H, Hansell A. Reproductive outcomes associated with noise exposure — a systematic review of the literature. *Int J Environ Res Public Health* 2014 Aug 6;11:7931–52.
36. Dzhambov AM, Dimitrova DD, Dimitrakova ED. Noise exposure during pregnancy, birth outcomes and fetal development: meta-analyses using quality effects model. *Folia Med (Plovdiv)* 2014;56:204–14.
37. Leijssen JB, Snijder MB, Timmermans EJ, et al. The association between road traffic noise and depressed mood among different ethnic and socioeconomic groups. The HELIUS study. *Int J Hyg Environ Health* 2019;222:221–9.
38. Seidler A, Hegewald J, Seidler AL, et al. Association between aircraft, road and railway traffic noise and depression in a large case-control study based on secondary data. *Environ Res* 2017;152:263–71.
39. Orban E, McDonald K, Sutcliffe R, et al. Residential road traffic noise and high depressive symptoms after five years of follow-up: results from the Heinz Nixdorf recall study. *Environ Health Perspect* 2016;124:578–85.
40. Clark C, Paunovic K, Clark C, et al. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15:2400.
41. Zare Sakhvidi MJ, Zare Sakhvidi F, Mehrparvar AH, et al. Association between noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res* 2018;166:647–57.
42. Dzhambov AM. Long-term noise exposure and the risk for type 2 diabetes: a meta-analysis. *Noise Health* 2015;17:23–33.
43. Recio A, Linares C, Banegas JR, et al. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental Research. Academic Press Inc* 2016; 146:359–70.
44. Thiesse L, Rudzik F, Spiegel K, et al. Adverse impact of nocturnal transportation noise on glucose regulation in healthy young adults: Effect of different noise scenarios. *Environ Int* 2018;121:1011–23.

45. Pyko A, Eriksson C, Lind T, et al. Long-term exposure to transportation noise in relation to development of obesity—a cohort study. *Environ Health Perspect* 2017;125:117005.
46. Wallas A, Ekström S, Bergström A, et al. Traffic noise exposure in relation to adverse birth outcomes and body mass between birth and adolescence. *Environ Res* 2019;169:362–7.
47. Hegewald J, Schubert M, Wagner M, et al. Breast cancer and exposure to aircraft, road, and railway-noise: a case-control study based on health insurance records. *Scand J Work Environ Health* 2017;43:509–18.
48. Houthuijs D, Swart W, van Kempen E. Implications of environmental noise on health and wellbeing in Europe. *EIONET Report — ETC/ACM* 2018/10; 2019. 49.
49. SEI Tallinn. Säästva arengu sõnaseletusi (http://www.seit.ee/sass/?word=väliskulu&ID=1&showing=2&search_word=Otsi&keel=ee&type=hagus).
50. Ideon A, Antov D, Zirk E, et al. Tallinna ja Harjumaa kergrööba transpordi teostatavus- ja tasuvusanalüüs. Lõppraport; 2019. (<http://www.hol.ee/docs/file/KRT%20L%C3%B5ppraport.pdf>)
51. EC. What are the health costs of environmental pollution? Bristol: European Commission; 2018. (<http://ec.europa.eu/science-environment-policy>).
52. Desaiques B, Ami D, Bartczak A, et al. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecol Indic* 2011;11:902–10.
53. Mõõtmise meetodid. SM määrus 04.03.2002 nr 42. RT I, 08.02.2017, 4.
54. Välisõhu mürakaardi, strateegilise mürakaardi ja müra vähendamise tegevuskava sisu kohta esitatavad tehnilised nõuded ja koostamise kord. KM määrus 20.10.2016 nr 39. RT I, 21.10.2016.
55. KIK. Keskkonnamüra vähendamise tegevuskava. Tartu: Keskkonnainvesteeringute Keskus; 2018. (<https://www.tartu.ee/et/keskkonnamura-vahendamise-tegevuskava>).
56. TAI terviseuuringute andmebaas. Tabel SD31: 15 levinumat surma põhjust soo ja maakonna järgi. (http://pxweb.tai.ee/PXWeb2015/pxweb/et/01Rahvastik/01Rahvastik__04Surmad/SD31.px/?rxid=7f107bd8-fe9b-4596-9211-89efa5ae04d1).
57. TAI terviseuuringute andmebaas. Tabel EH12: Esmashaigestumus 100 000 elaniku kohta soo ja vanuserühma järgi. (http://pxweb.tai.ee/PXWeb2015/pxweb/et/02Haigestumus/02Haigestumus__01Esmashaigestumus/EH12.px/?rxid=39993446-40a5-4659-8a80-a2fb4528c047).
58. Statistikaamet statistika andmebaas. Tabel RV028: Aastakeskmise rahvastik soo ja haldusüksuse või asustusüksuse liigi järgi (http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=RV028&ti=AASTAKESKMINE+RAHVASTIK+SOO+JA+HALDUS%DCKSUSE+V%D5I+ASUSTUS%DCKSUSE+LIIGI+J%C4RGI&path=../Database/Rahvastik/01Rahvastikunaitajad_ja_koosseis/04Rahvaarv_ja_rahvastiku_koosseis/&lang=2).
59. Vals K, Lai T. Rahvastiku tervisekaotus ehk haiguskoormus: hindamise meetodika. *Eesti Arst* 2005;84:473–80.
60. WHO. Metrics: Disability-Adjusted Life Year (DALY). (https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/).

61. IHME. Estonia. Institute for Health Metrics and Evaluation (<http://www.healthdata.org/estonia>).
62. WHO. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2009. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf).
63. WHO. Disability weights, discounting and age weighting of DALYs (https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/daly_disability_weight/en/).
64. Eesti Statistika andmebaas. Sisemajanduse koguprodukt turuhindades (<https://www.stat.ee/29879>).
65. EEA. Estonia noise fact sheet 2019. (<https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2019/estonia>).
66. WHO. Global Health Estimates (https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/).
67. Mueller N, Rojas-Rueda D, Khreis H, et al. Socioeconomic inequalities in urban and transport planning related exposures and mortality: A health impact assessment study for Bradford, UK. *Environ Int* 2018;121:931–41.
68. Orru H. Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele Tartu, Kohtla-Järve, Narva ja Pärnu linnas. Raport; 2008. (<http://www.rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/732/1/Orru2008.pdf>)
69. Orru H. Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele Tallinna linnas. Raport; 2007. (https://www.envir.ee/sites/default/files/hia_tallinn_ohk_arth.pdf).
70. Díaz J, López-Bueno JA, López-Ossorio JJ, et al. Short-term effects of traffic noise on suicides and emergency hospital admissions due to anxiety and depression in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* 2020;710:136315.
71. Sohrabi S, Khreis H. Burden of disease from transportation noise and motor vehicle crashes: Analysis of data from Houston, Texas. *Environ Int* 2020;136:105520.
72. Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environmental Health Perspectives* 2014; 122:439–46.
73. Tobollik M, Hintzsche M, Wothge J, et al. Burden of disease due to traffic noise in Germany. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16:2304.
74. DEFRA. Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet. Report. London: Department for Environment Food & Rural Affairs; 2014. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/380852/environmental-noise-valuing-impacts-PB14227.pdf).
75. Tamm T, Maasikmets M, Teinmaa E, et al. Maapinnalähedase osooni õhusaaste ekspositsiooni analüüs ja tervisemõjude hinnang; 2016. (https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_2016_maapinnalahedase_osooni_ohusaaste_ekspositsiooni_analuus_ja_tervisemojude_hinnang_p_arand.pdf).
76. Evaluating the value of a life year (VOLY). Concawe. (<https://www.concawe.eu/publication/evaluating-the-value-of-a-life-year-voly/>).
77. WHO. Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report; 2019. (<http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-second-assessment-report-2019>).

78. Smith RB, Fecht D, Gulliver J, et al. Impact of London's road traffic air and noise pollution on birth weight: retrospective population based cohort study. *BMJ* 2017;359:j5299.
79. Pyko A, Lind T, Mitkovskaya N, et al. Transportation noise and incidence of hypertension. *Int J Hyg Environ Health* 2018;221:1133–41.
80. Van Renterghem T. Towards explaining the positive effect of vegetation on the perception of environmental noise. *Urban For Urban Green* 2019;40:133–44.

Health impact assessment of traffic noise in two major Estonian cities: Tartu and Tallinn.

Triin Veber

Summary

Traffic noise is growing environmental problem due to urbanisation and increasing in traffic volumes lead to rising number of people exposed to traffic noise in cities worldwide. There is growing epidemiological evidence that environmental noise has negative impacts on human health, well-being and work ability. Thus, traffic noise is not only an environmental problem, but an increasing threat to public health.

The aim of the master thesis was to assess the health impacts of traffic noise (road traffic, railway and aircraft noise) in Tartu and Tallinn. The health impact assessment (HIA) was performed for the following health outcomes: mortality from ischaemic heart disease (IHD), incidence of IHD, high annoyance and high sleep disturbance. The HIA methodology is based on the EU Commission Directive 2002/367. We used noise exposure data from strategic noise mapping, and baseline mortality and morbidity data from database of National Institute for Health Development and database of Statistics Estonia.

It appeared that road traffic noise is estimated to cause 28 premature deaths and contribute to 146 new cases of IHD per year in Tartu and Tallinn. The proportion of highly annoyed residents due to traffic noise is expected to be 9.7% in Tartu and 12.0% in Tallinn, and around 2.5% of residents in Tartu and 2.6% of residents in Tallinn are expected having sleep disturbance. Traffic noise is estimated to cause in Tartu 409 and in Tallinn 1987 disability adjusted life years (*DALY*), mainly attributed to high annoyance and high sleep disturbance induced by road traffic noise.

Negative health impacts cause also large external costs to society. The external cost of traffic noise is estimated to be 95.8 million euros annually, which represents 0.3% of *GDP*. During the period 2015–2034, the external costs of traffic noise are expected to be in total are 1.42 billion euros that are mainly caused by road traffic noise in Tallinn.

To reduce exposure to traffic noise and avoid the negative health effects, the main focus should be on reducing the road traffic noise. The present work focused on IHD, annoyance and sleep disturbance, but recent studies have revealed, that traffic noise also increases the risk of diabetes and other diseases. As there is currently only limited number of studies and metaanalysis giving dose-response relationships for these health outcomes are not available, studies should be continued to identify the novel health outcomes of environmental noise. The

methodology for noise health impact assessment should be updated in line with new research results.

Tänuavaldus

Täna südamest:

- juhendaja Hans Orrut (kelleta seda tööd poleks valminud) toetava suhtumise ja asjaliku juhendamise eest
- Hedi Katre Kriiti Umeå Ülikoolist, kes andis nõu väliskulude leidmise osas
- Tanel Tamme Tartu Ülikoolist, kes valmistas mürakaardid
- Elisa Kenderit, kes aitas parandada keelelisi vigu ja andis nõu
- perekonda kannatlikkuse eest

Curriculum vitae

Üldandmed:

Ees- ja perekonnanimi: Triin Veber

E-post: veber@ut.ee

Hariduskäik:

2018 – ... Tartu Ülikool, magistriõpe (rahvatervishoid)

1998–2001 Tartu Ülikool, Zooloogia ja hüdrobioloogia instituut, MSc ihtüoloogia ja kalanduse erialal

Praegune töökoht, amet:

2003 – ... Tartu Tervishoiu Kõrgkool, lektor (0,5)

2018 –... Tartu Ülikool, Meditsiiniteaduste valdkond, peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituut, keskkonnatervishoiu spetsialist (0,5)

Ühiskondlik tegevus:

2016–... Eesti Tervisedenduse Ühingu liige

2015–... International Federation of Environmental Health (IFEH) liige

Publikatsioonid alates 2019:

Oudin ÅD, Veber T, Žanna M, et al. Mortality Related to Cold Temperatures in Two Capitals of the Baltics: Tallinn and Riga. Medicina 2019;55:429

Kuupäev: 01.06.2020

Lisad

Lisa 1. Strateegilised mürakaardid

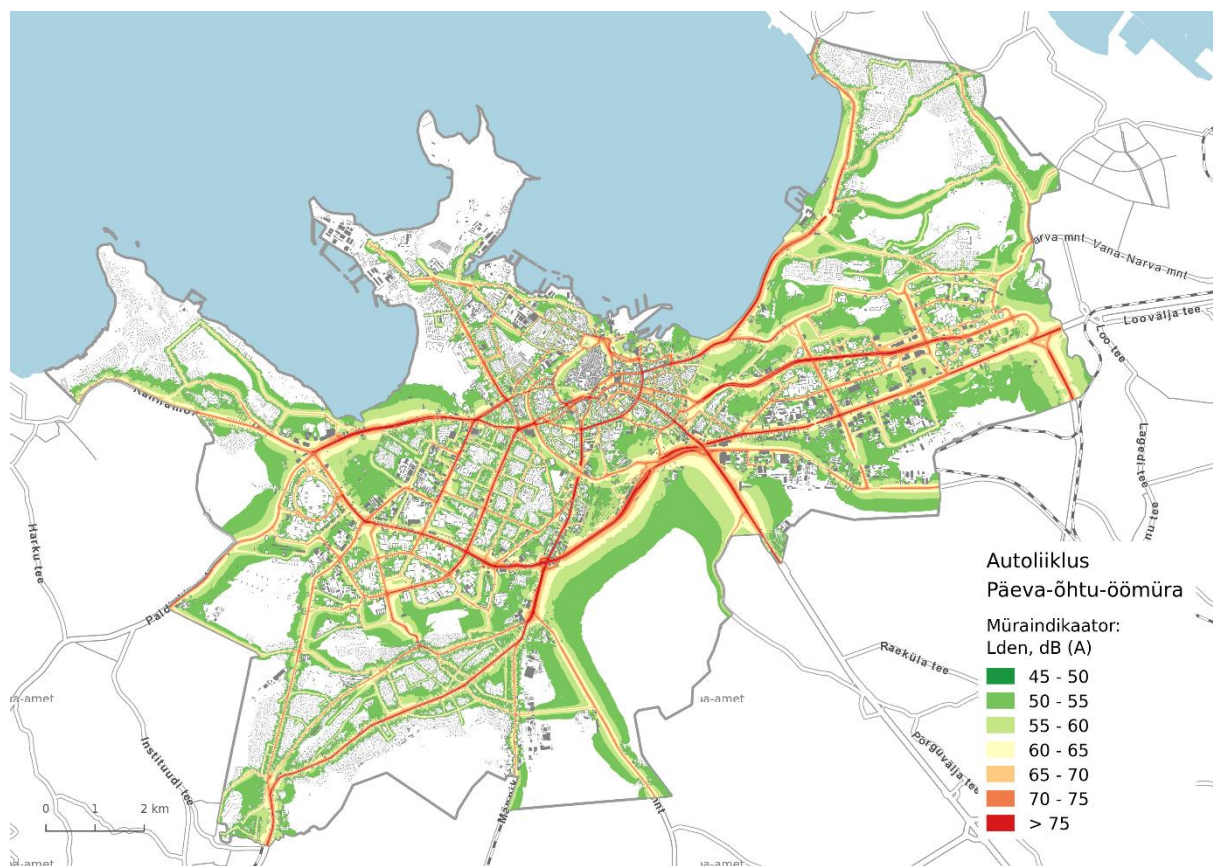
Autoliiklus Tartus L_{den}



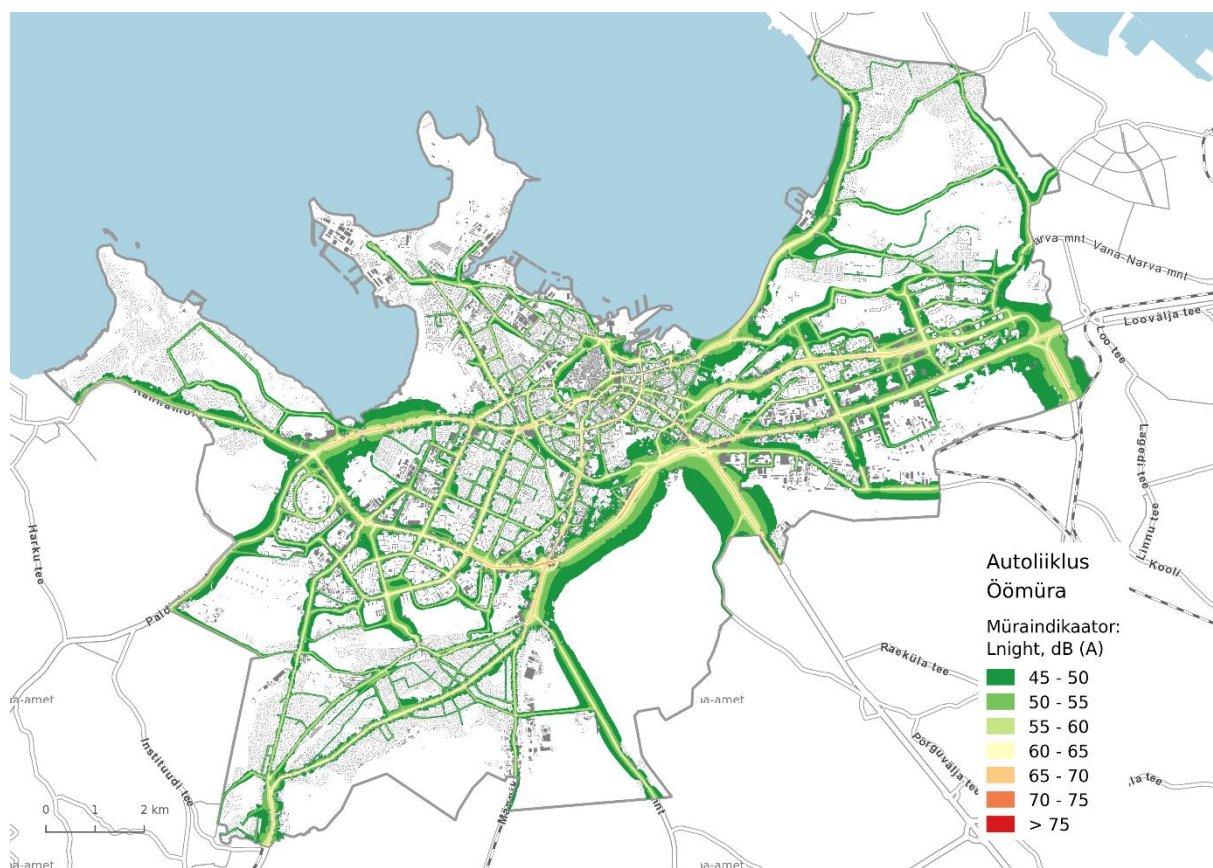
Autoliiklus Tartus L_{night}



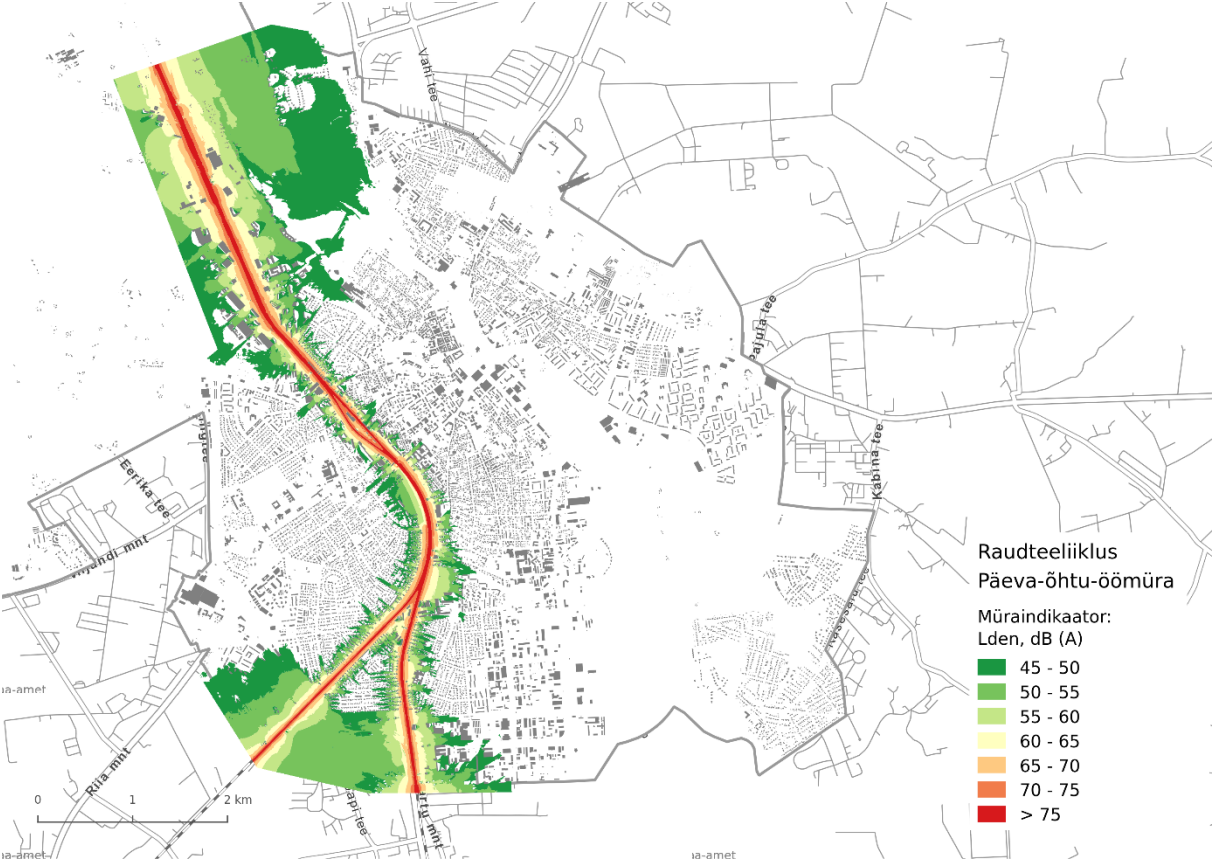
Autoliiklus Tallinnas L_{den}



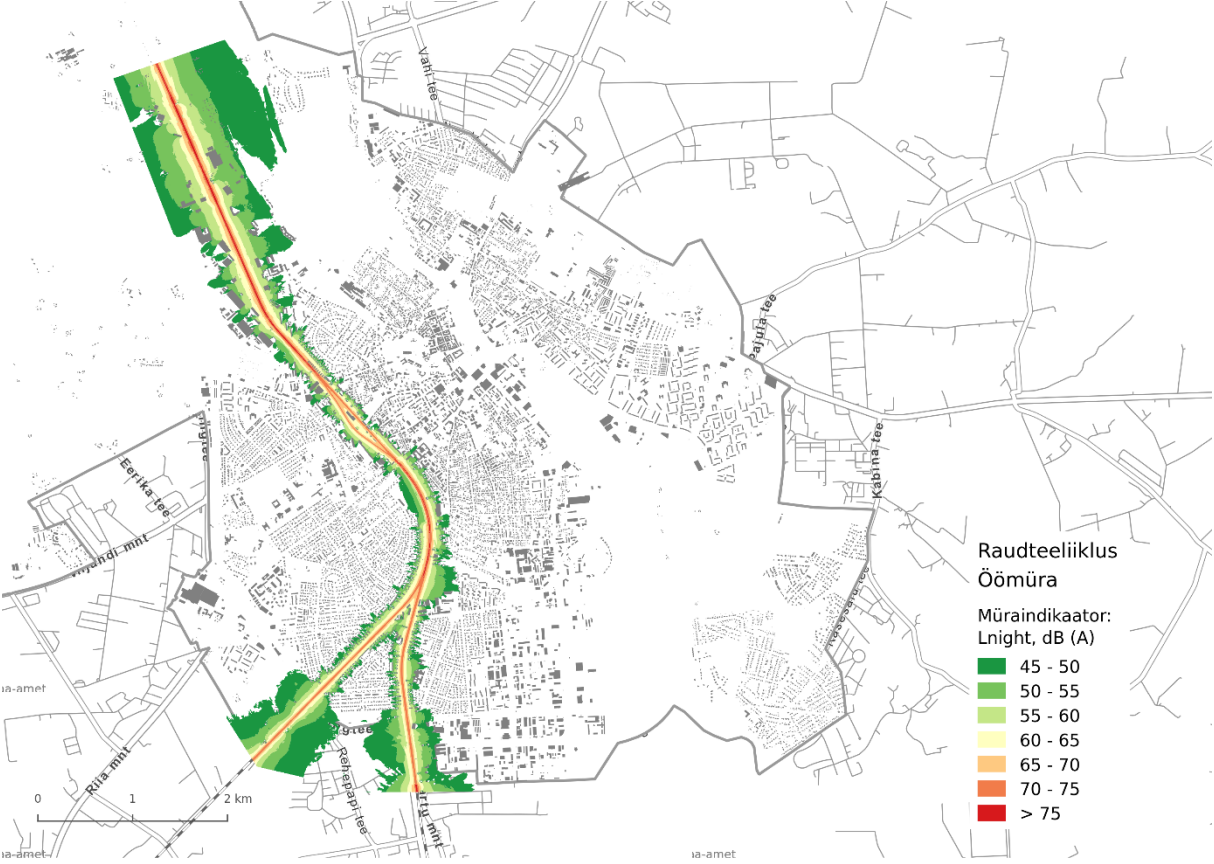
Autoliiklus Tallinnas L_{night}



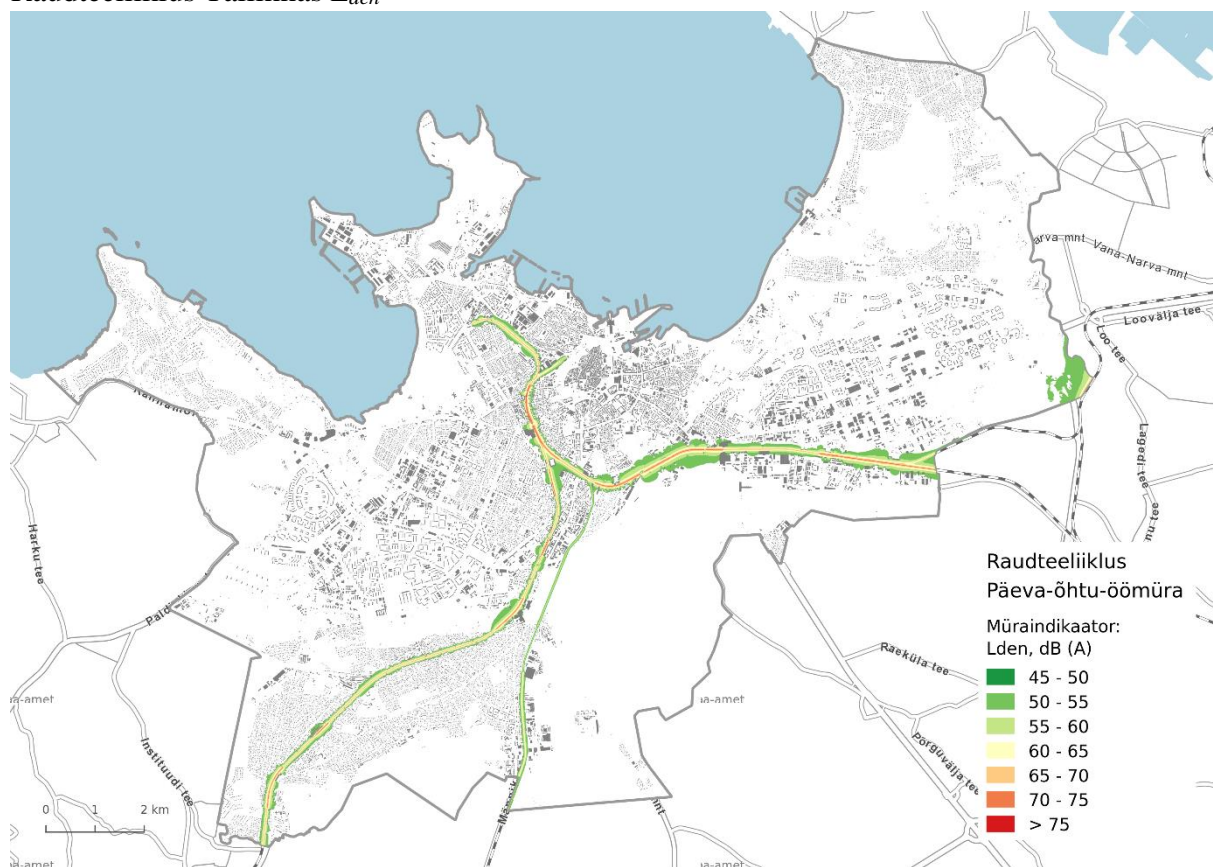
Raudteeliiklus Tartus L_{den}



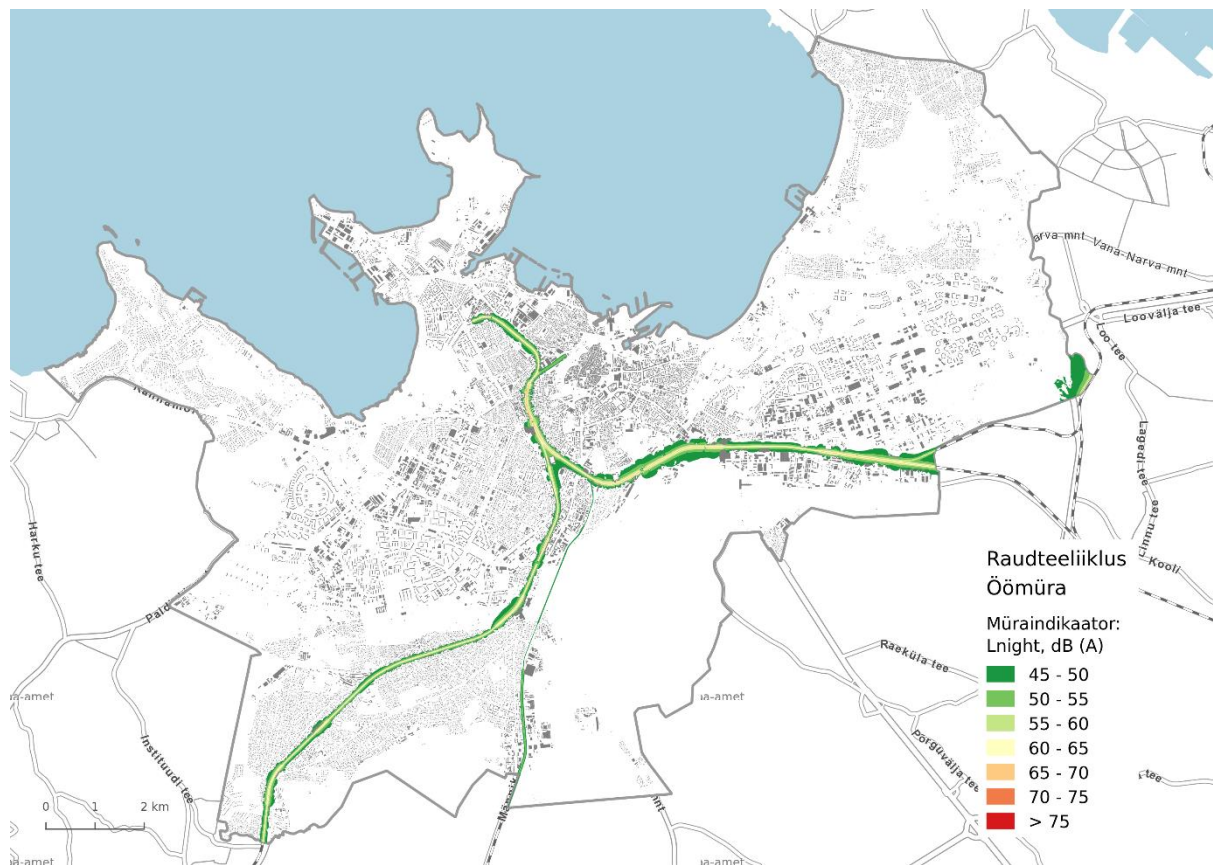
Raudteeliiklus Tartus L_{night}



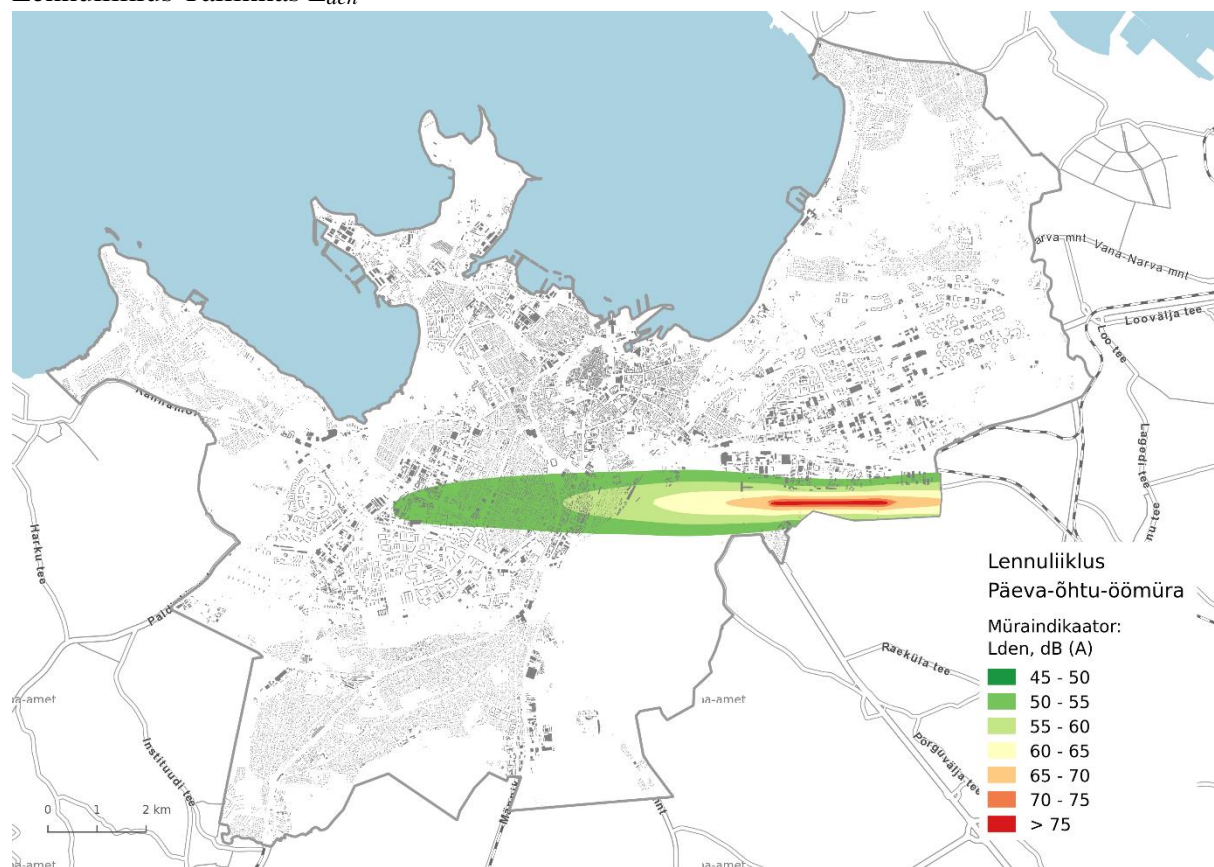
Raudteeliiklus Tallinnas L_{den}



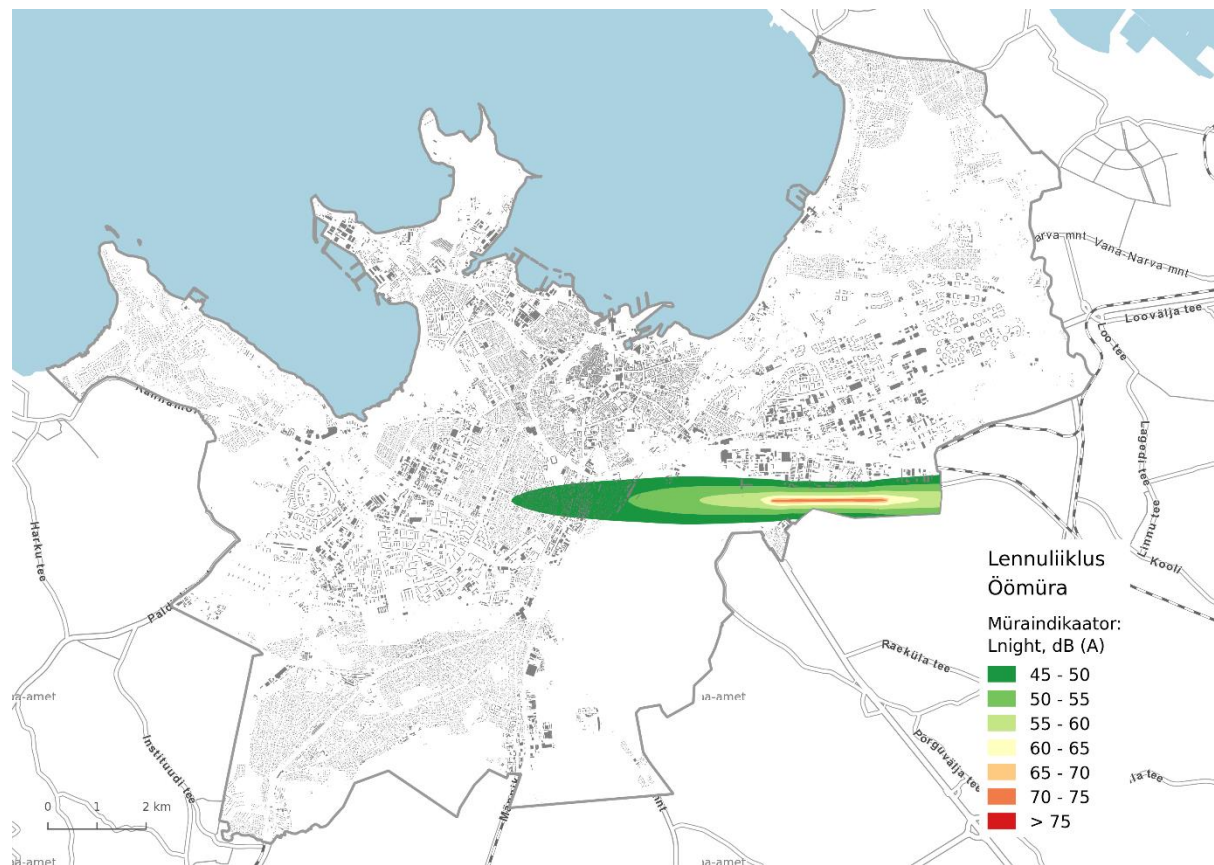
Raudteeliiklus Tallinnas L_{night}



Lennuliiklus Tallinnas L_{den}



Lennuliiklus Tallinnas L_{night}



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Triin Veber,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Liiklusemõju hindamine Tartu ja Tallinna linnas”, mille juhendaja on Hans Orru, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Triin Veber

01.06.2020